



Universidade Federal de  
Campina Grande



CENTRO DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA

P I P R N

PROGRAMA INSTITUCIONAL de  
PÓS-GRADUAÇÃO EM  
RECURSOS NATURAIS

TÍTULO: EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO  
DO COENTRO E DA Salsa NA PRESENÇA DE  
UM POLÍMERO HIDROABSORVENTE.

AUTOR: JOÃO AUDIFAX CÉZAR DE ALBUQUERQUE  
FILHO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GESTÃO DE RECURSOS  
NATURAIS

LINHA DE PESQUISA: MANEJO DE SOLO E ÁGUA

CAMPINA GRANDE – PB – BRASIL, AGOSTO DE 2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**

**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS**

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DO COENTRO E DA  
SALSA NA PRESENÇA DE UM POLÍMERO HIDROABSORVENTE**

**TESE DE DOUTORADO**

**JOÃO AUDIFAX CÉZAR DE ALBUQUERQUE FILHO**

**Campina Grande – Paraíba**

**Agosto de 2006**

**EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DO COENTRO E DA  
SALSA NA PRESENÇA DE UM POLÍMERO HIDROABSORVENTE.**

**JOÃO AUDIFAX CÉZAR DE ALBUQUERQUE FILHO**

Tese apresentada ao Programa Institucional de Doutorado em Recursos Naturais na Área de concentração Gestão de recursos naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Doutor em Recursos Naturais.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS**

**ORIENTADOR: PROFESSORA Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA**

**PROFESSOR Dr. RONALDO FREIRE DE MOURA**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**AGOSTO - 2006**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A345e Albuquerque Filho, João Audifax César  
2006 Eficiência do uso da água no cultivo do coentro e da salsa na presença de um polímero hidroabsorvente / João Audifax Cezar de Albuquerque Filho . — Campina Grande, 2006.  
107f.: il.

Referências

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Vera Lúcia Antunes de Lima e Ronaldo Freire de Moura.

01 – Condicionador de Solo 2 – Lisímetro de Drenagem 3 – Coeficiente de Cultura 1 – Título

CDU 631.67:631.421

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

JOÃO AUDIFAX CEZAR DE ALBUQUERQUE FILHO

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NO CULTIVO DO COENTRO E DA SALSA NA  
PRESENÇA DE UM POLÍMERO HIDROABSORVENTE

APROVADA EM: 18/08/2006

**BANCA EXAMINADORA:**

*Vera Lúcia Antunes de Lima*

**Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA**

Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola – UAEAg  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

*Ronaldo Freire de Moura*

**Dr. RONALDO FREIRE DE MOURA**

Departamento de Tecnologia Rural –DTR  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

*Dimas Menezes*

**Dr. DIMAS MENEZES**

Departamento de Agronomia - DEPA  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

*Hermes Alves de Almeida*

**Dr. HERMES ALVES DE ALMEIDA**

Departamento de História e Geografia - DHG  
Centro de Educação – CEDUC  
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

*Carlos Alberto Vieira de Azevedo*

**Dr. CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO**

Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola – UAEAg  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

*José Dantas Neto*

**Dr. JOSÉ DANTAS NETO**

Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola – UAEAg  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

A memória de meu pai **AUDIFAX** e minha mãe **DORA**, pelo exemplo de trabalho que norteou os meus passos e pela dedicação em benefício do progresso intelectual e moral de seus filhos.

Ao **Prof. Ronaldo** e ao irmão **Frederico**, que tanto me apoiaram na conquista de mais essa vitória.

### **OFEREÇO.**

À minha esposa **IÊDA** e aos filhos **NETO**,  
**AMANDA** e **LUANNA**, pela compreensão,  
amor e carinho.

### **DEDICO.**

A ciência e a arte da irrigação, como definida desde seus primórdios são abrangentes e interdisciplinares, passando pelo campo das ciências agrárias, exatas (engenharia hidráulica, civil, elétrica, etc.), sociais (economia, sociologia, política, etc). Nenhuma delas é mais importante que a outra, pois quando da decisão final quanto ao uso eficiente da água, todos esses fatores conjuntamente têm que ser levados em conta.

**Fernando Braz Tangerino Hernandez**  
UNESP - Ilha Solteira

Não é possível um verdadeiro progresso na sociedade se faltar um profundo sentido de solidariedade entre todos.

**Karol Wojtila**  
**(Papa João Paulo II)**

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor **Jesus Cristo** nosso Glorioso Pai Celestial, fonte inesgotável de sabedoria e inspiração; pela fé; saúde; disposição; e perseverança.

Em especial ao Prof. Dr. Ronaldo Freire de Moura, colega da área de recursos hídricos do DTR/UFRPE, exemplo de responsabilidade e conduta moral. Por sua valiosa colaboração, incentivo, orientação, confiança e amizade. Sempre presente e atuante em todos os períodos da construção da área experimental; na condição de coordenador dos serviços e obras, viabilizou parte das instalações (material e serviços) com aplicação de seus recursos financeiros; na condução do experimento; e por sugestões valiosas na condição de co-orientador da Tese (Eterna Gratidão).

A seu irmão, Engenheiro Civil, Dr. Frederico Sérgio Vieira Cezar de Albuquerque; um verdadeiro “pai”, amigo e companheiro, sempre presente nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Dr. Dimas Menezes do DEPA/UFRPE, pela orientação na condução das plantas hortícolas, nos ambientes de campo e protegido, por sugestões valiosas, e como examinador externo da Tese.

A Profa. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima da UFCG, na condição de orientadora principal da Tese, por sugestões valiosas, confiança, incentivo e amizade.

Ao Prof. Dr. José Dantas Neto, da UFCG, por sua amizade; confiança; incentivo; sugestões valiosas, empréstimo de material bibliográfico, e como examinador interno da Tese.

Ao Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida, na condição de examinador externo da Tese, por suas sugestões valiosas.

Ao Coordenador do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais CCT/UFCG, Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo, pela confiança; exemplo de trabalho e responsabilidade nas atividades de orientações acadêmicas e administrativas.

Ao Prof. Dr. Carlos Vieira de Azevedo, por sugestões valiosas de caráter técnico-científico, pela amizade, confiança, incentivo, e na condição de examinador interno.

Ao Prof. Dr. Hans Raj Ghey da UFCG, pelo incentivo e sugestões de caráter científico e acadêmico durante as visitas nas etapas de execução e condução do experimento.

Ao Colega de área, Prof. Dr. Marcus Metri Corrêa, por sua amizade; pelo apoio na montagem da estação lisimétrica; indicação de bolsista; por facilitar o uso de computador, e por me substituir nas aulas de hidráulica aplicada.

Ao Engenheiro Civil da BRASILIT Nilson Melo por intermediar a doação de material.

Ao Engenheiro Civil Dr. Demócrito de Souza Faria, da empresa DSF Engenharia & Irrigação, pelo apoio junto ao Grupo Amanco.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, por intermédio do Departamento de Tecnologia Rural, pela oportunidade de realizar o Curso de Pós-Graduação.

Ao Conselho Nacional e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro, através do Programa PICDT da UFRPE, que possibilitou a realização do Curso de Pós-Graduação.

Aos Colegas da Área de Recursos Hídricos do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, por me substituírem nas atividades acadêmicas durante período de afastamento, e posteriormente em eventuais necessidades.

A Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG) da UFRPE, na pessoa do Pró-Reitor, Prof. Dr. Fernando Freire, pelo apoio na finalização dos serviços da estação lisimétrica.

Ao aluno da primeira turma de Mestrado em Engenharia do DTR/UFRPE Márcio Melo, por sua amizade, dedicação e grande responsabilidade no desenvolvimento de sua Tese. Um grande parceiro que compartilhou da mesma área experimental e no mesmo período de coleta de dados, com ênfase nas avaliações químicas da água de drenagem (lixiviado). Grande força de trabalho.

Ao aluno da primeira turma do curso de Engenharia Agrícola, bolsista de iniciação científica do DTR/UFRPE, Graciliano, por sua dedicação; responsabilidade e grande força de trabalho na montagem da estação lisimétrica, e na condução da pesquisa.

A todos os colegas de curso, em especial a Roberto Vieira Pordeus, por sua amizade; um grande parceiro nas horas de estudo e elaboração dos trabalhos acadêmicos.

Aos funcionários do DTR/UFRPE, Lulinha; Cláudio; Ricardo e Zezinho pelo apoio na execução das obras da estação lisimétrica.

A todos os alunos estagiários dos Cursos de Agronomia e Engenharia Agrícola da UFRPE, pela colaboração na execução e condução do experimento, com destaque a Rodrigo, Márcio Dias, Tarcísio, Bruno e Géssica.

A todos os Professores do Curso, por sua dedicação e pelos ensinamentos recebidos.

Enfim, a todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

## BIOGRAFIA

**João Audifax César de Albuquerque Filho**, nasceu na cidade de Recife-PE, aos vinte e nove dias do mês de Janeiro do ano de 1955, filho de João Audifax Cezar de Albuquerque e Maria Auxiliadora Vieira Cezar.

Concluiu a sua formação básica na cidade de origem, sendo o primeiro grau no Colégio Estadual de Olinda, e o segundo grau concluído no Colégio de São Bento, em 1973, na cidade de Olinda-PE.

Obteve o título de Engenheiro Civil na Universidade Católica de Pernambuco, na cidade de Recife-PE, no período de 1975 a 1981.

Iniciou a carreira profissional em 1981, na Acqua-plan, com projeto e obras de Sistemas de Esgoto Sanitário, na cidade de Olinda. Em fevereiro de 1983 ingressou na Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação do Estado de Sergipe – COHIDRO. Na oportunidade atuou na Divisão de Obras, e na Divisão de Projetos, com sistemas singelos de abastecimento de água para pequenas comunidades e diversos tipos de barragens e sistemas pressurizados de irrigação.

Em 1984 concluiu o curso de Especialização em Barragens de Terra, promovido pela SUDENE/UFPE, Recife-PE e, posteriormente, no segundo semestre de 1987 concluiu o curso de especialização em Irrigação e Drenagem, promovido pelo PROINE/UNEB/FAMESF, na cidade de Juazeiro – BA.

Em março de 1988 ingressou no mestrado em Engenharia Agrícola, na área de concentração: Irrigação e Drenagem, na Universidade Federal da Paraíba – Campus II, Campina Grande – PB, obtendo o título em 1991.

Em fevereiro de 1991 ingressou, por meio de concurso público, no Corpo Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco, lotado no Departamento de Tecnologia Rural, na área de Recursos Hídricos.

Em março de 2001, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, em nível de Doutorado, defendendo tese em agosto de 2006.

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi maximizar a produtividade e a eficiência do uso da água aplicada nos cultivos do coentro e da salsa utilizando um polímero hidroabsorvente denominado hidratassolo, estabelecendo um manejo de irrigação mais adequado. O estudo foi conduzido na estação experimental construída no Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Recife – PE, no período de setembro de 2005 a maio de 2006. No cultivo da salsa conduzido em ambiente protegido, os fatores estudados foram duas frequências de irrigação (2 e 4 dias repondo-se a água disponível) e cinco doses de hidratassolo (0; 5; 10; 15 e 20 dg.kg<sup>-1</sup>). No cultivo do coentro, em ambiente de campo, os fatores estudados foram duas lâminas de irrigação, obtidas com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe “A” (0,6.ET<sub>o</sub> e 1,20.ET<sub>o</sub> em mm), aplicadas com frequência de irrigação de dois dias e cinco doses de hidratassolo (0; 4; 8; 12 e 16 dg.kg<sup>-1</sup>). Delineamento inteiramente casualizado em parcelas sub-divididas, com análise de regressão simples. As características avaliadas foram a eficiência do uso da água, evapotranspiração máxima da cultura, coeficiente de cultura, altura de plantas e produtividade. Os níveis de hidratassolo afetaram isoladamente as características vegetativas estudadas no cultivo da salsa, nas duas épocas de colheita. Os tratamentos estudados afetaram ao longo do tempo os volumes de água consumidos no cultivo do coentro, como também, as características vegetativas. Nas duas épocas de plantio do coentro, as características vegetativas avaliadas aumentaram linearmente com a elevação das doses de hidratassolo quando se fixou a menor lâmina, exceto para altura de plantas na primeira época de plantio. Com aplicação da maior lâmina, as características avaliadas do coentro com interação significativa atingiram os pontos de máximos com doses variando em torno de 6,00 a 11,00 dg.kg<sup>-1</sup>, como também, o emprego da dose máxima proporcionou uma queda em relação à testemunha. As médias observadas da evapotranspiração máxima e do coeficiente de cultura, ao longo das épocas de balanço hídrico, aumentaram com a elevação das doses de hidratassolo quando se fixou a menor lâmina, como também, alcançaram seus valores máximos observados na dose de hidratassolo de 8 dg.kg<sup>-1</sup> com o emprego da maior lâmina.

**Palavras-chave:** condicionador de solo, lisímetro de drenagem, manejo de irrigação em hortaliça, coeficiente de cultura.

## **WATER USAGE EFFICIENCY IN CORIANDER AND PARSLEY CULTIVATION WITH APPLICATION OF HYDROGEL POLYMER.**

### **ABSTRACT**

The objective of the present work was to maximize productivity and efficiency of water usage applied in coriander and parsley cultivations by utilizing a hydrogel polymer named hidratassolo. Thus establishing a more appropriate method of irrigation management. The study was done in an experimental station built in the Tecnologia Rural Department of Universidade Federal Rural de Pernambuco, located in the municipal district of Recife-PE during September 2005 to May 2006. The parsley cultivation was done in a protected atmosphere, with two irrigation frequencies (2 and 4 days water replacement), and five hidratassolo doses (0; 5; 10; 15 and 20 dg.kg<sup>-1</sup>). The coriander cultivation was grown in a field atmosphere, with two irrigation levels related to estimated evapotranspiration (Tank Class "A" method 0.6.ET<sub>o</sub> and 1.20.ET<sub>o</sub> in mm), applied on two day irrigation frequencies, and five hidratassolo doses (0; 4; 8; 12 and 16 dg.kg<sup>-1</sup>). The experiment design consisted of randomized blocks in split-plots, with simple regression analysis. The characteristics appraised were efficiency of water use, crop maximum evapotranspiration, crop coefficient, height of plants, and productivity. Hidratassolo levels affected, in an isolated way, the vegetative characteristics studied in the parsley cultivations, in two harvests. The studied treatments affected the volumes of water consumed in the coriander cultivations, and the vegetative characteristics as well. In two instances of coriander planting, the appraised vegetative characteristics increased linearly with the elevation of hidratassolo dosage when minimum irrigation levels were established, except for height of plants in the first planting. With application of maximum irrigation levels, the appraised characteristics of the coriander, with significant interaction, reached maximum points with doses varying around 6.00 to 11.00 dg.kg<sup>-1</sup>. While the maximum dose provided a reduction when applied to a blank treatment. The observed averages of the maximum evapotranspiration and crop coefficients, during water balance periods, increased with the elevation of hidratassolo doses when the minimum irrigation levels were used. These averages reached their maximum observed values with a hidratassolo dose of 8 dg.kg<sup>-1</sup> at maximum irrigation levels.

**Keywords:** soil conditioner, drainage lisimeter, horticulture irrigation management, crop coefficient.

## LISTA DE FIGURAS

	Página.
<b>Figura 3.1</b> - Vista geral do experimento em ambiente protegido .....	33
<b>Figura 3.2</b> - Vista geral do experimento de campo .....	36
<b>Figura 3.3</b> – Estação meteorológica automática Davis Groweather .....	37
<b>Figura 3.4</b> - Local de assentamento da caixa com o “bambolê” de drenagem interno...	39
<b>Figura 3.5</b> - Tubulação de PVC soldável de 25 mm conectada no fundo da caixa.....	39
<b>Figura 3.6</b> - Cobertura removível fechada com suporte em arco de PVC.....	40
<b>Figura 3.7</b> - Curva de calibração da altura da camada no lisímetro em função do peso de solo seco.....	41
<b>Figura 3.8</b> - Planta baixa da estação de coleta do material lixiviado.....	44
<b>Figura 3.9</b> - Sala de coleta e medição do efluente com as torneiras e os piezômetros...	45
<b>Figura 3.10</b> - Vista parcial das áreas de bordadura .....	52
<b>Figura 3.11</b> - Parcela útil do lisímetro após a colheita das touceiras da bordadura .....	57
<b>Figura 4.1</b> - Vista de uma parcela com sintoma de doença no ambiente coberto na ocasião da segunda colheita da salsa, no 83º dia do transplante.....	62
<b>Figura 4.2</b> - Altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da frequência de irrigação (F), e a época de observação (T) (a, b, c, d).....	63
<b>Figura 4.3</b> - Evapotranspiração ETC ( $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e coeficiente de cultivo Kc médios na primeira época da cultura para os tratamentos nos períodos correspondentes aos três balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo medido nos respectivos níveis de lâminas de irrigação ( $L_1$ ) e ( $L_2$ ) (a, b, c, d).....	71

<b>Figura 4.4</b> - Evapotranspiração $ET_c$ ( $\text{mm.dia}^{-1}$ ) e coeficiente de cultivo $K_c$ médios na segunda época da cultura nos períodos correspondentes aos três primeiros balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo e fixando-se a lâmina de irrigação em 10,64 mm (15 litros) <b>(a, b)</b> .....	75
<b>Figura 4.5</b> - Evapotranspiração $ET_c$ ( $\text{mm.dia}^{-1}$ ) e coeficiente de cultivo $K_c$ médios na segunda época da cultura para os tratamentos nos períodos correspondentes aos três últimos balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo medido nos respectivos níveis de lâminas de irrigação ( $L_1$ ) e ( $L_2$ ) <b>(a, b, c, d)</b> .....	77
<b>Figura 4.6</b> - Altura de plantas na parcela útil (APU), número de plantas por parcela (NPP), rendimento de massa verde (RMV) e eficiência de uso de água (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L), e a época de observação ( $T_1$ ) <b>(a, b, c, d, e)</b> .....	83
<b>Figura 4.7</b> - Altura de plantas na parcela útil (APU) e rendimento de massa verde (RMV), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L), e a época de observação ( $T_2$ ) <b>(a, b, c, d)</b> .....	87
<b>Figura 4.8</b> - Eficiência do uso da água (EUA) e rendimento de massa seca (RMS), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L), e a época de observação ( $T_2$ ) <b>(a, b, c, d)</b> .....	89
<b>Figura 1D</b> - Diagramas de dispersão para altura de plantas (APU) na época ( $T_1$ ), rendimento de massa seca RMS na época ( $T_2$ ), e a eficiência do uso da água (EUA) na época ( $T_1$ ) em função de doses de hidratassolo (H) fixando-se a lâmina ( $L_2$ ) <b>(a, b, c)</b> .....	107

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1</b> - Diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação.....	23
<b>Tabela 2</b> - Características físicas do solo do experimento em ambiente protegido .....	33
<b>Tabela 3</b> - Características químicas do solo do experimento em ambiente protegido....	34
<b>Tabela 4</b> - Características físicas do solo do experimento de campo.....	46
<b>Tabela 5</b> - Características químicas do solo do experimento de campo.....	47
<b>Tabela 6</b> - Análise química da água usada na irrigação da bordadura e nas unidades experimentais, conforme as amostras 1 e 2, respectivamente.....	49
<b>Tabela 7</b> - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, em função de doses de hidratassolo (H), a frequência de irrigação (F) e a época de observação (T) .....	61
<b>Tabela 8</b> - Equações de regressão ajustadas aos dados médios de altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da frequência de irrigação (F), e a época de observação (T), com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) .....	62
<b>Tabela 9</b> - Valores médios dos volumes de água consumidos na primeira época da cultura (VAC1) ( $L.m^{-2}$ ) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três balanços hídricos .....	65
<b>Tabela 10</b> - Valores médios dos volumes de água consumidos na segunda época da cultura (VAC21) ( $L.m^{-2}$ ) para o tratamento dose de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (10,64 mm) e os períodos correspondentes aos três primeiros balanços hídricos .....	66

<b>Tabela 11</b> - Valores médios dos volumes de água consumidos na segunda época da cultura (VAC22) ( $L.m^{-2}$ ) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três últimos balanços hídricos .....	67
<b>Tabela 12</b> - Resumo da análise de variância do volume de água consumido pela cultura na primeira época (VAC1) e na segunda época (VAC22), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T) .....	68
<b>Tabela 13</b> - Resumo da análise de variância do volume de água consumido pela cultura na segunda época (VAC21), em função de doses de hidratassolo (H) e a época de observação (T), para uma lâmina constante de 10,64 mm.....	69
<b>Tabela 14</b> - Valores médios da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e do coeficiente da cultura ( $K_c$ ) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três balanços hídricos, na primeira época da cultura .....	70
<b>Tabela 15</b> - Valores médios da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e do coeficiente da cultura ( $K_c$ ) nos períodos correspondentes aos três primeiros balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo e fixando-se a lâmina de irrigação em 10,64 mm (15 litros) .....	74
<b>Tabela 16</b> - Valores médios da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) e do coeficiente da cultura ( $K_c$ ) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três últimos balanços hídricos, com a variação de lâminas na segunda época da cultura .....	76
<b>Tabela 17</b> - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, número de plantas por parcela (NPP), e a eficiência do uso da água da cultura (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T)..	80

- Tabela 18** - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, número de plantas por parcela (NPP), e a eficiência do uso da água da cultura (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação ( $T_1$ ) 81
- Tabela 19** - Equações de regressão ajustadas aos dados médios de altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV), número de plantas por parcela (NPP) e a eficiência do uso da água (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L) e fixando-se a época de observação ( $T_1$ ), com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) ..... 82
- Tabela 20** - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, número de plantas por parcela (NPP), e a eficiência do uso da água da cultura (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação ( $T_2$ ) 85
- Tabela 21** - Equações de regressão ajustadas aos dados médios de altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS), e a eficiência do uso da água (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L) e fixando-se a época de observação ( $T_2$ ) com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) 86

## SUMÁRIO

	Página
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1 Uso de polímeros hidroabsorventes na agricultura .....	4
2.2 Sobre as culturas da salsa e do coentro .....	9
2.3 Importância de irrigação .....	15
2.3.1 Lisimetria e evapotranspiração .....	19
2.3.2 Qualidade da água de irrigação .....	22
2.3.3 Avaliação dos efeitos da água de irrigação no solo .....	27
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
3.1 Caracterização do hidratassolo .....	31
3.2 Considerações gerais do experimento em ambiente protegido .....	31
3.3 Experimento de campo .....	35
3.3.1 Caracterização do local .....	35
3.3.2 Área experimental .....	35
3.3.2.1 Instalação dos lisímetros .....	38
3.3.2.2 Cobertura dos lisímetros .....	40
3.3.2.3 Preenchimento e incorporação de hidratassolo nos lisímetros .....	40
3.3.2.4 Umedecimento do solo .....	42
3.3.2.5 Detalhes construtivos da estação de coleta do material lixiviado .....	42
3.3.3 Material de solo .....	46
3.3.3.1 Características do local de coleta .....	46
3.3.3.2 Características físico-químicas do solo .....	46
3.3.4 Tratamentos e análises estatísticas .....	47
3.3.5 Captação e caracterização qualitativa da água de irrigação .....	48
3.3.6 Sobre o sistema de irrigação por gotejamento .....	49
3.3.7 Aspectos gerais da cultura do coentro .....	50
3.3.8 Instalação e condução do experimento .....	51
3.3.9 Parâmetros avaliados.....	54
3.3.9.1 Determinação da evapotranspiração máxima da cultura (ET <sub>c</sub> ) .....	54
3.3.9.2 Determinação da evapotranspiração de referência (ET <sub>o</sub> ) .....	56
3.3.9.3 Determinação do coeficiente de cultura (K <sub>c</sub> ) .....	56

	Página
3.3.9.4 Determinação das variáveis respostas do experimento na ocasião da colheita .....	57
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>60</b>
4.1 Experimento em ambiente protegido .....	60
4.1.1 Efeito dos tratamentos nas características vegetativas da salsa .....	60
4.2 Experimento de campo realizado no cultivo do coentro.....	64
4.2.1 Efeito dos tratamentos no volume de água consumido pela cultura ....	64
4.2.2 Avaliação da evapotranspiração máxima da cultura (ET <sub>c</sub> ) e do coeficiente de cultura (K <sub>c</sub> ).....	69
4.2.2.1 Avaliação na primeira época de plantio do coentro (T <sub>1</sub> ).....	69
4.2.2.2 Avaliação na segunda época de plantio do coentro (T <sub>2</sub> ).....	73
4.2.3 Efeito dos tratamentos nas características vegetativas do coentro.....	79
4.2.3.1 Análises na primeira época de plantio do coentro (T <sub>1</sub> ).....	81
4.2.3.2 Análises na segunda época de plantio do coentro (T <sub>2</sub> ).....	84
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>91</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>93</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>104</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A demanda crescente pelos recursos hídricos para atender ao consumo humano, à indústria e à agricultura irrigada tem estimulado a pesquisa e a adoção de práticas que visam otimizar o seu uso. Dentre essas se destacam as relacionadas com o estudo das necessidades hídricas das culturas, em que se procura identificar as exigências das plantas em seus diferentes estádios de desenvolvimento. Esse conhecimento é fundamental para o planejamento e otimização do manejo da irrigação (Stone, 2002).

Esses fatos apontam para a necessidade de concentração de esforços no sentido de incorporar novas áreas ao processo produtivo, mas também, com o aumento e a reabilitação das áreas abandonadas, além de investimentos de novas tecnologias. Entretanto, ao longo do tempo, tem se buscado alternativas para aumentar a disponibilidade de água para as plantas, mas, apesar dos expressivos investimentos em pesquisas, este problema não foi totalmente resolvido. A disponibilidade de água para a produção agrícola é um problema enfrentado em todo o mundo e tão antigo quanto à própria agricultura (Rezende, 2000).

Para o manejo adequado da água de irrigação é necessário o controle rigoroso da umidade do solo e/ou da evapotranspiração durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Para tanto, é indispensável o conhecimento de parâmetros relacionados às plantas, ao solo e ao clima, para determinar o momento oportuno de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada (Silva & Marouelli, 1998). Segundo Marouelli et al. (1996), o manejo racional da água de irrigação tem por objetivo minimizar o consumo de energia, maximizar a eficiência de uso de água e manter favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade para o bom desempenho da cultura.

A agricultura irrigada para manter-se sustentável, em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água na irrigação, bem como no uso dos agroquímicos que aplicados às plantas ou ao solo podem causar contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

A otimização da eficiência de uso de água de forma a contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos pode ser alcançada de duas maneiras: com base nas curvas de respostas físicas da produtividade e da eficiência de uso de água (EUA), que por sua

vez, é calculada como a razão entre a produtividade e o volume de água aplicado. No entanto, essa meta pode ser atingida atuando-se nas técnicas que permitam aumento da EUA; na estrutura de irrigação, em termos de tipos de cultivo, sistemas de irrigação e gestão do uso de água; e nos métodos de manejo da irrigação.

Na década de 80, os polímeros agrícolas desenvolvidos em diferentes centros de pesquisa para atender a diversas finalidades, começaram a ser utilizados na agricultura como condicionadores de solo devido à capacidade apresentada de absorver e reter água. Vários agricultores têm utilizado esses polímeros com sucesso e as poucas pesquisas desenvolvidas também têm confirmado sua viabilidade para uso na agricultura. No entanto, cientificamente, muito pouco foi pesquisado a respeito da forma de utilização dos polímeros hidroabsorventes. Existe interesse nestes produtos para superar problemas físicos do solo, como por exemplo, a baixa capacidade de retenção de água e permitir a utilização mais efetiva dos recursos solo e água (Nimah et al., 1983, citado por Oliveira et al., 2004).

Estes autores avaliaram a influência de dois polímeros hidroabsorventes – o Terracottem e o Hidratassolo, nas características de retenção de água em dois tipos de solo. Assim, concluíram que o aumento da concentração e do diâmetro dos grânulos do Hidratassolo misturados aos solos proporcionou o aumento da retenção de água nos mesmos. Foi também confirmada a menor capacidade de retenção de água do Terracottem em relação ao Hidratassolo, devido ao fato de sua granulometria ser de menor diâmetro e à presença de outros componentes que apresentam elevada massa seca e não possuem função hidroabsorvente.

No Brasil, polímeros sintéticos hidroabsorventes como o Hidratassolo e Terracottem têm sido utilizados na produção de mudas e no substrato de transplântio para essências florestais, hortaliças, flores, gramados e jardins, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para as plantas (Baasiri, et al., 1986; Wallace, 1987). A adição dessa substância ao solo contribui para germinação de sementes, desenvolvimento do sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, além da redução das perdas de água de irrigação por percolação, melhoria na aeração e drenagem do solo e redução das perdas de nutrientes por lixiviação (Vlach, 1991; Henderson & Hensley, 1986).

Neste trabalho, a cultura da salsa foi cultivada em estufa e o coentro em ambiente de campo por ser uma planta anual de grande importância sócio-econômica para o Nordeste brasileiro, e por reunirem as seguintes características: hortaliças condimentares mais amplamente cultivadas e apreciadas no Brasil; grande utilização na culinária; facilidade na condução do cultivo; a não constatação da incidência de insetos que causam danos à cultura;

melhor adaptação do cultivo às condições experimentais e ambientais. Ressaltam-se as propriedades antiinflamatórias, digestivas, diuréticas, como auxiliar no tratamento de hipertensão e, também, seu elevado valor nutricional, 8.500 U. I. de vitamina A, em 100 g da parte utilizável (Filgueira, 2000).

Assim, considerando a indicação do polímero hidratassolo, como hidrogel, um produto promissor conforme a literatura consultada, para ser usado na agricultura irrigada ou de sequeiro, principalmente pela habilidade que o mesmo apresenta em armazenar e disponibilizar água para as plantas, apresentando como principal fator de convergência a melhor utilização da água, o trabalho fundamentou-se na hipótese de que o coentro e a salsa mesmo sendo submetidos a um manejo de irrigação que promova déficit hídrico, podem conduzir a resultados satisfatórios utilizando uma dose de hidratassolo adequada.

Desta forma, nas culturas da salsa e do coentro este estudo objetivou maximizar a produtividade e a eficiência do uso da água com a utilização do polímero estabelecendo um manejo de irrigação mais adequado.

Como objetivos específicos, podem-se destacar:

- a) Realizar experimento preliminar para avaliar, em condições de ambiente protegido, os efeitos de cinco doses do polímero hidroabsorvente hidratassolo e duas frequências de irrigação, nas características vegetativas da cultura da salsa objetivando observar o comportamento do polímero.
- b) Determinar a evapotranspiração máxima da cultura e o coeficiente de cultura do coentro pelo método do balanço de água nos lisímetros, no período correspondente a duas épocas de plantio.
- c) Avaliar, em condições de lisímetros de drenagem, os efeitos de cinco doses do polímero hidroabsorvente hidratassolo e duas lâminas de irrigação (com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe A), sobre a eficiência do uso da água, crescimento e produtividade da cultura do coentro.

## **CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 – Uso de polímeros hidroabsorventes na agricultura**

Os polímeros hidroabsorventes constituem uma classe de materiais que possui grande afinidade pela água. Os mais utilizados em nosso cotidiano são a poliacrilamida (PA), que absorve água por meio da formação de pontes de hidrogênio; e o poliacrilato de sódio (PAS), no qual o mecanismo de absorção é, primariamente, por osmose. A pressão osmótica faz que o poliacrilato de sódio absorva água para equilibrar a concentração de íons de sódio dentro e fora do polímero (Shakhashiri, 1985, citado por Marconato & Franchetti, 2002). Segundo esses autores, considerando os diferentes mecanismos de absorção dos dois materiais, é possível observar que, experimentalmente, a poliacrilamida é muito menos sensível ao efeito das impurezas da água, no entanto, proporciona excessivo aumento de massa e volume dos materiais. Por sua vez, o poliacrilato de sódio além de permitir uma menor redução em sua massa, aumenta a qualidade absorvente em relação à poliacrilamida. O poliacrilato de sódio é uma substância não tóxica, produzido através da polimerização entre o acrilato de sódio e o ácido acrílico, devido ao seu mecanismo de absorção observa-se que a presença de eletrólitos na água reduz a capacidade absorvente do polímero.

Em 1950, surgiu um polímero sintético orgânico a base de poliacrilamida, denominado de Krilium, desenvolvido com propósito de melhorar as propriedades físicas do solo e controlar a erosão. Devido ao surgimento deste produto começaram as pesquisas visando à utilização de polímeros sintéticos na agricultura - os chamados de condicionadores sintéticos de solo. Allison (1952) citado por Wallace et al. (1986), apresentam resultados de trabalho pioneiro, constatando que o tratamento com esse polímero sintético aumentou a taxa de infiltração de água no solo e reduziu o sódio trocável em solos salino-alcálinos. Além disso, atua na estrutura do solo melhorando a estabilidade dos agregados, reduzindo o encrostamento e aumentando a infiltração de água no solo. Por isso, indiretamente, aumenta a disponibilidade de água para as plantas. Durante cerca de 30 anos foi o único produto do gênero no mercado (Sojka & Lentz, 1996).

Na década de 80, foram desenvolvidos novos tipos de polímeros, em diferentes centros de pesquisa, com finalidades distintas. Essa nova geração de polímeros foi recomendada para utilização agrícola devido à sua capacidade de melhorar as propriedades físicas do solo, permitir diferentes formas de aplicação e atender a necessidades diversas (Sojka & Lentz, 1996). O uso desses polímeros no solo tem resultado em aumento do crescimento das plantas, aumentando a eficiência de uso de água e reduzindo a frequência de irrigação das plantas (Taylor & Halfacre, 1986).

No Brasil, polímeros sintéticos hidroabsorventes, como o Hidratassolo e o Terracottem, estão sendo utilizados na produção de frutas, hortaliças e mudas de diversas espécies, bem como na formação de gramados em jardins e em campos de futebol e de golfe (Guia Técnico 1.0, 199-; Manchete Rural, 1998, Panorama Rural, 1999). O Hidratassolo é um sal hidroabsorvente, à base de acrilato de sódio, desenvolvido na França com o objetivo inicial de eliminar a umidade do ambiente e resolver problemas na construção civil. Só mais tarde, foi observada a possibilidade de sua utilização na agricultura, devido à sua capacidade de absorver e reter água, e só liberar de acordo com o potencial osmótico da raiz. Ao absorver água, os grânulos têm o tamanho aumentado entre 150 e 500 vezes (Manchete Rural, 1998 citado por Rezende, 2000).

O Terracottem é uma mistura de diferentes polímeros de propenamida-propenoato de ligação cruzada, fertilizantes e estimuladores de crescimento, desenvolvido na década de 80 por pesquisadores da Universidade de Ghent, na Bélgica. Este produto foi desenvolvido com o objetivo de criar condições para o estabelecimento da agricultura em regiões áridas e semi-áridas do deserto do Saara e, dessa forma, conter o avanço da desertificação naquela região. É um condicionador de solo capaz de absorver e armazenar até 100 vezes o seu peso próprio em água, tem a capacidade de armazenar também nutrientes orgânicos e minerais, aumentando a eficácia dos fertilizantes aplicados. A durabilidade do polímero é de cerca de 10 anos no solo e não apresenta toxicidade às plantas ou ao meio ambiente (Guia Técnico 1.0, 199 citado por Rezende, 2000).

Prevedello & Balena (2000) estudaram os efeitos do Terracottem nas propriedades físicas e hidráulicas de dois meios porosos: um Latossolo Vermelho textura argilosa e uma Areia Quartzosa Marinha. As concentrações de polímero usadas foram as seguintes: 0; 2; 4; 8; 16 e 32 kg . m<sup>-3</sup>. Concluíram que, para a concentração de 32 kg . m<sup>-3</sup>, a capacidade de retenção de água no Latossolo foi aumentada cerca de duas vezes, enquanto que, para Areia Quartzosa, esse valor foi de 7,5 vezes para a tensão de 30 kPa.. Foi verificado, também, que nas concentrações de polímeros acima de 8 kg . m<sup>-3</sup>, as propriedades físico-hídricas dos meios

porosos foram dominadas pela ação do Terracottem. Al-Darby (1996) encontrou resultados semelhantes com a adição do polímero em um solo arenoso. Segundo esse autor, a redução da condutividade hidráulica se deve à redução do raio médio dos poros devido à expansão do polímero.

Há relatos de produtores de cana-de-açúcar dos Estados de Pernambuco e da Paraíba que utilizaram Hidratassolo e obtiveram aumento de 10,5 t. ha<sup>-1</sup> na produtividade, em relação às áreas onde o produto não foi aplicado (Manchete Rural, 1998), citado por (Rezende, 2000). A mesma autora, avaliou a influência de dois polímeros hidroabsorventes – o Terracottem e o Hidratassolo, nas características de retenção de água em dois tipos de solo classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa e Podzólico Vermelho Amarelo de textura argilosa. Usando as concentrações de 0,01 a 0,20 dag. kg<sup>-1</sup>, para os dois polímeros, valores que incluem a faixa recomendada pelos fabricantes, concluiu que: o aumento da concentração e do diâmetro dos grânulos do Hidratassolo misturados aos solos proporcionou o aumento da retenção de água nos mesmos; os polímeros estudados foram mais eficientes na retenção de água no solo argiloso; para as classes granulométricas de Hidratassolo de maiores diâmetros e maiores concentrações, a umidade no ponto de murchamento foi maior que a umidade à capacidade de campo do solo sem produto; o Hidratassolo apresentou maior retenção de água que o Terracottem; os polímeros apresentaram grande capacidade para absorver e reter água a baixos potenciais matriciais, principalmente a -0,01 e -0,03 MPa. O Hidratassolo chegou a reter 90 vezes o valor do seu próprio peso em água e o Terracottem 25 vezes, no potencial matricial de -0,01 MPa.

Bruxel et al. (2002) estudaram os efeitos da adição de doses diferentes de um polímero hidroabsorvente (Aquasorb-3005) em substrato comercial, sobre a produção de mudas de tomate industrial em bandejas, sob diferentes lâminas de irrigação (1,70; 2,60; 3,40 e 4,30 mm/bandeja/dia) e quatro doses do polímero (0; 150; 250; e 300 g. kg<sup>-1</sup>). A maior lâmina de irrigação proporcionou aumento significativo para altura de muda (5,70 cm), massas secas total (14,40g), da parte aérea (7,20g) e da raiz (7,50g) quando comparadas à menor lâmina, independentemente da dose de polímero utilizada. Já, as doses de Aquasorb-3005, tiveram pouca influência no desenvolvimento das mudas, pois na lâmina de 4,30 mm/bandeja/dia, as diferenças entre a maior dose e a dose zero, foram de 0,90 cm para altura de muda, 1,70g para massa seca total; 0,80g para massa seca da parte aérea e 0,30g para massa seca de raiz. Conforme Sayed et al. (1991) os substratos geralmente possuem baixa capacidade de armazenamento de água, o que leva a uma alta frequência de irrigação, aumenta a lixiviação de nutrientes e aumenta o risco de deficiências nutricionais das mudas.

Além disso, qualquer problema no fornecimento de água pode causar prejuízos ao desenvolvimento ou a perda das mudas. Neste sentido, a adição de polímeros sintéticos vem sendo experimentada e tem mostrado resultados satisfatórios para diversas características em diferentes culturas agrícolas.

Silberbush et al. (1993) testaram a influência da poliacrilamida gel hidrofílico Agrosoak, para melhorar a disponibilidade de água para as culturas cultivadas em dunas de areia. O milho (*Zea mays L.*) foi cultivado no campo, em um arranjo fatorial com quatro taxas do polímero (0,00; 0,15; 0,30; 0,45% em peso nos 25 cm do solo), três lâminas de água (70; 80 e 100% da recomendada relação da evaporação classe A) e dois níveis de salinidade da água (1,2 e 6,5 dS. m<sup>-1</sup>). A irrigação e fertilização foram programadas pelo sistema de gotejamento. A capacidade de armazenamento de água no solo aumentou com a taxa de Agrosoak, mas a água aplicada armazenada acumulou nos arredores dos emissores e resultou em seções relativamente secas entre os gotejadores. Isto causou uma redução na densidade das plantas. Mesmo assim, componentes de rendimento, exceto peso seco por metro (rendimento de espiga de milho por planta e por metro e peso seco por planta) aumentou com a taxa de aplicação de Agrosoak. As concentrações de nitrogênio e sódio nas folhas aumentaram, mas o fosfato e potássio não foram afetados pela taxa de aplicação de Agrosoak com o uso de água destilada ou salina. O uso de Agrosoak não evitou dano de salinidade às plantas. Os resultados mostraram que o uso da irrigação por gotejamento com o condicionador de solo Agrosoak necessita uma reavaliação do método de irrigação usado. Conforme os mesmos autores, o fator limitante para o largo uso do polímero Agrosoak é seu alto custo. Seu uso pode se tornar econômico sob certas condições e usos agrotécnicos (Azzan, 1980). Em uma série de testes, estudou-se o polímero Agrosoak (Inglaterra U.K.), como condicionador de solo para uso em dunas de areia. Ao contrário de muitos outros condicionadores de solo, que são aplicados como emulsões, Agrosoak é produzido em forma de grânulos e não cobre as partículas de solo e agregados.

Na segunda etapa de seus estudos, utilizando a mesma área e o mesmo layout, Silberbush et al. (1993) substituíram o sistema de irrigação por gotejamento, mais dispendioso, por sistema de aspersão, mais comumente usado. Nesta fase da pesquisa foi testado o repolho (*Brassica oleraceae L.*), substituindo o milho, usado no primeiro experimento, por causa das condições de estação de inverno. Assim, o repolho foi irrigado por aspersão com uso de linhas duplas, para aplicar quantidades de água diferentes e níveis de salinidade (1,9 e 7,8 dS. m<sup>-1</sup>), e com concentrações diferentes de Agrosoak adicionado ao solo (0,00; 0,15; 0,30; 0,45% em peso). O Agrosoak aumentou a disponibilidade de água que

realmente contribuiu com o aumento no rendimento da cultura irrigada com água salina. Entretanto, foi confirmado que este particular polímero enriqueceu a solução do solo com  $\text{Na}^+$ , reduzindo o rendimento quando se irrigou com água destilada. Os resultados indicaram que Agrosoak pode ter aumentado a eficiência de uso de água com plantas desenvolvidas em solos arenosos quando a cultura é tolerante ao sódio. Os autores recomendaram o uso de um tipo de polímero modificado que não libere o sódio na solução do solo.

Woodhouse & Johnson (1991) estudaram os efeitos de um co-polímero de amido e um co-polímero de poliácridamida no estabelecimento e crescimento de alface e cevada. As culturas foram desenvolvidas sob irrigação limitada em um substrato de areia grossa. O intervalo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha foi aumentado por até três dias na presença do polímero. As eficiências de uso de água e produção de matéria seca também responderam positivamente à presença de ambos os polímeros testados.

Tittonell et al. (2002) avaliaram a aptidão de um co-polímero de propenamida-propeonato, na produção de plantas de pimenta, adicionado em substratos preparados com e sem materiais compostados e a um substrato comercial. Caracterizou-se o comportamento do polímero através da taxa de crescimento e características qualitativas das plantas. A adição de polímero ao substrato permitiu melhorar a precocidade, uniformidade e tamanho de plantas de pimenta, especialmente nas parcelas carentes de composto. Nestes tratamentos, a taxa de crescimento aumentou em maior valor como consequência de um melhor desenvolvimento foliar, já que a taxa de assimilação não foi significativamente afetada em todos os casos. A relação parte aérea/ raiz não foi favoravelmente afetada pela adição do polímero e dependeu mais do tipo de substrato empregado. Mediante a adição do polímero usado os parâmetros de qualidade das plantas melhoraram, seja por uma maior retenção hídrica, por uma maior capacidade de intercâmbio iônico ou por ambas as razões.

Danneels e van Cotthem (1994) observaram ganhos significativos na biomassa e aumento na eficiência do uso de água, quando plantas como pimentão, feijão e milho foram cultivadas em uma mistura contendo areia e doses crescentes de condicionador de solo. Rigas et al. (1999) estudaram o efeito de polímeros condicionadores de solo no crescimento de plantas de girassol e observaram melhorias expressivas nos parâmetros de solo e da planta tais como: diminuição no tempo de emergência das sementes (32% quando comparado ao tratamento sem adição do condicionador), aumento no crescimento das plantas de 50%, aumento no tempo de murchamento das plantas de 367%, aumento na retenção de água do substrato ao nível da capacidade de campo de 214% e aumento na disponibilidade de água de 244%. Al-Harbi et al. (1999) estudaram o efeito de polímeros hidroabsorventes em mistura

com solo arenoso no crescimento de plantas de pepino, em vários experimentos sucessivos no mesmo recipiente, durante um período de dois anos. Verificaram que a densidade inicial da mistura diminuiu em função de doses crescentes do polímero. Ao final do último experimento, constataram que a densidade aumentou em todos os tratamentos e a capacidade de retenção de água diminuiu, sendo observada uma redução mais evidente nos tratamentos que utilizaram as maiores doses do polímero. Esses fatos foram atribuídos à perda da efetividade do polímero com o tempo.

Com objetivo de reunir o maior número de informações da literatura a respeito do uso de hidrogéis na agricultura, Freitas Azevedo et al. (2002) concluíram que grande parte dos trabalhos evidenciou as propriedades dos hidrogéis como condicionadores de solo, proporcionando melhoria nas propriedades físicas e hidráulicas do mesmo. Também, foram relatados efeitos benéficos dos hidrogéis, no que diz respeito ao aumento da retenção de água no solo, redução da lixiviação de nutrientes, melhoria na CTC (capacidade de troca catiônica) e maior disponibilidade de água para as plantas, que responderam de forma satisfatória quando cultivadas com o polímero.

## 2.2 – Sobre as culturas da salsa e do coentro

Segundo Makishima (1984), a salsa pertence à família das umbelíferas (apiáceas), gênero *Petroselinum* e espécie *crispum*. A planta pode atingir 20 a 40 cm de altura, conforme a cultivar e cuidados que receber durante o desenvolvimento. As folhas são compostas por três folíolos triangulares. Desenvolve-se melhor em condições de clima ameno, com temperatura média que varia de 10° a 24°C. Temperaturas baixas e dias curtos induzem a planta ao florescimento precoce.

As folhas são grandes, lisas, resistentes ao florescimento, de cor verde-escura, além de ser muito cultivada. Segundo Makishima (1984), a planta desenvolve-se melhor em condições de temperatura que varia de 10 a 24°C. Para obtenção de folhas desenvolvidas e tenras, o solo deve apresentar índices de pH 6,0 a 7,0, alto teor de matéria orgânica e boa fertilidade. O espaçamento deve ser de 12 a 15 cm entre fileiras por 12 a 15 cm entre plantas. No plantio por mudas, deve-se efetuar o transplante quando as mudas tiverem quatro folhas definitivas. A colheita se iniciará aos 50 a 60 dias após o semeio, quando as folhas estiverem bem crescidas e tenras.

Segundo Minami (1995), a grande vantagem do sistema de mudas é o estabelecimento de cultura com espaçamento ou população predeterminada de plantas, com mudas de tamanho selecionado e uniforme, com menos problema fitossanitário, menor competição inicial com as plantas daninhas, permitindo um aumento no estande da cultura.

As cultivares mais plantadas são a Lisa Comum que tem porte de 20 a 25 cm de altura, folhas pequenas de cor verde-clara; a Graúda Portuguesa mais vigorosa chegando a atingir 40 cm de altura, as folhas são grandes e de cor verde-escura. Ambas as cultivares prestam-se para o consumo fresco e também para combate a desidratação, pois apresentam sabor e aroma agradáveis. Existe ainda a Crespa que produz plantas 25 a 30 cm de altura, e as folhas são de cor verde-escura e bastante crespa.

Conforme o mesmo autor, para obtenção de folhas desenvolvidas e tenras, o solo deve apresentar índices de pH 6,0 a 7,0, alto teor de matéria orgânica e boa fertilidade, que podem ser avaliadas com a análise do solo. Para adubação de plantio, num solo de média fertilidade, é indicada a aplicação de 20 a 30 t de esterco de curral, 500 kg de superfosfato e 200 kg de cloreto de potássio/hectare. Os tratos culturais são os seguintes:

- **Irrigação:** As irrigações por aspersão devem ser feitas com o objetivo de manter a umidade do solo em nível adequado para solubilizar os nutrientes, sem promover a lixiviação, e atender às necessidades de água da planta.
- **Capinas:** A cultura deve ser mantida no limpo o que, além de eliminar a concorrência da planta daninha, facilita a colheita e não deprecia o produto pela presença de outras plantas que não a salsa.
- **Raleio:** Como o semeio é feito em linha contínua, a emergência das plântulas pode se dar em alta densidade. Ocorrendo isso, faz-se o raleio quando as plantas estiverem com 5 a 7 cm de altura, deixando-as num espaçamento de 10 a 15 cm entre si.
- **Adubação de Cobertura:** Caso o desenvolvimento das plantas não seja normal ou esteja deficiente, recomenda-se a aplicação em cobertura de 200 kg/hectare de sulfato de amônio, dos 30 a 40 dias após semeadura. Esta aplicação deve ser repetida após cada corte.
- **Doenças e Pragas:** Não foi constatado, ainda, incidência de insetos causando danos às culturas de salsa, o que deve levar os produtores e extensionistas a ficarem atentos ao problema.

Com relação às doenças, foram identificados, no Brasil, os seguintes patógenos: *Cercospora sp.* e *Cercospora apii*, *Pythium ultimum*, *Septoria petroseline*, *Erysiphe poligoni*,

*Rhizoctonia nivea* e *Pseudomonas cichorii*., que não têm causado maiores danos. A eliminação das folhas com os sintomas é um dos processos para o controle. Em casos de intenso ataque pode-se pulverizar com fungicidas à base de maneb e mancozeb.

De acordo com Filgueira (1982), a planta é herbácea, de pequeno porte, com as folhas típicas das apiáceas. As cultivares de folhas lisas e recortadas parecem ser as preferidas, destacando-se as Lisas Preferidas, com folhas lisas e largas, de excelente sabor e aroma. Também a cultivar Grande Portuguesa, mais vigorosa e de folhas maiores, também lisas, resistentes ao florescimento, é muito cultivada. Cultivares de folhas crespas, preferidas em países europeus e nos E. U. A., são menos cultivadas e apreciadas entre nós.

Conforme o mesmo autor, a cultura é pouco exigente em fertilidade, sendo a adubação dispensável, em solo rico. Entretanto, prefere a faixa de pH 6,0 a 6,5, reagindo bem a calagem, em solos ácidos. Também responde bem à aplicação de 50 g.m<sup>-2</sup> de canteiro de superfosfato simples, bem como a coberturas nitrogenadas leves, periodicamente.

Semeia-se, diretamente, em canteiros definitivos, em sulcos longitudinais, distanciados de 25-30 cm. Deixa-se cair um filete de sementes, à profundidade de 5 a 10mm. As plantinhas com duas folhas definitivas e 4-5 cm de altura exigem um desbaste, deixando-se um espaçamento de 10-15 cm entre aquelas selecionadas. Em média, há 550 sementes por grama, sendo o padrão mínimo de germinação de 60%, gastando-se 2-3 g por metro quadrado de leito.

Segundo Filgueira (1982), a colheita da salsa inicia-se a partir de 50-75 dias da semeadura direta, quando as plantas atingem 10 cm de talo. Então se cortam os pecíolos, logo acima da superfície do solo. Deixam-se as folhas menores, para que a produção prossiga, obtendo-se vários cortes, ao longo do ano, pela renovação da brotação, prolongando-se a colheita por 90 dias.

A salsa (*Petroselinum crispum*) é a principal cultura na indústria e produção de ervas secas em Israel e é semeada em duas estações principais, outono e primavera. A colheita da salsa é altamente suscetível ao ataque de plantas daninhas parasitárias, na comparação de algumas variedades (Goldwasser & Kleifeld, 2002).

A salsa é amplamente cultivada como um legume folhoso, nas regiões temperadas do mundo. Os dois tipos folhosos principais são a folha-crespa (var. *crispum*) e a folha lisa (var. *neapolitanum*) como previamente informou (Simon & Quinn 1988). No Egito, o tipo de salsa de folhas lisas é o mais comum e é amplamente desenvolvido em escala comercial que ocupa o terceiro lugar entre Egípcios como legume folhoso exportado (Agência Central para Mobilização Pública e Estatística, Egito, 1995). São consumidas folhas de salsa fresca em

saladas, alimentos decorados, e como um ingrediente de condimento. O óleo assencial da folha de salsa é também usado como ingrediente de condimento ou fragrância em perfumes, sabões e cremes. É mais característico do aroma de salsa e possui um odor e sabor superior ao do óleo de semente (Guenther, 1961). Há aproximadamente 45 componentes do óleo da folha de salsa (Macleod et al., 1985), esses componentes são responsáveis pelo aroma da folha de salsa (Shaath et al., 1988). As folhas de salsa também são uma fonte de vitaminas A e C e minerais, Ca, K, P, Fe, e Mg (Pennington & Church, 1985). As folhas de salsa podem ser recolhidas até quatro vezes por estação de crescimento e as maiores folhas e rendimentos de óleo são obtidos na terceira e quarta colheita (Elsherbeny & Hussein, 1993) citado por (Mordy, 1999).

Conforme o mesmo autor, as plantas de salsa do tipo folhosas (var. neapolitanum) desenvolvidas em vasos de plásticos com solo argiloso no Delta-Nilo, com um mês, foram adicionadas com solo contendo 0,25; 50; e 100 mg de Níquel (Ni) por kg de solo usando solução de NiSO<sub>4</sub> em concentrações diferentes. Foram colhidas folhas de salsa nos primeiros dois meses depois da semeadura e recolhidas novamente para três colheitas adicionais a intervalos mensais. A cada colheita o peso fresco e seco das folhas, número por planta, área, e conteúdo de clorofila foram medidos. As folhas secas foram analisadas para N; P; K; Ca; Mg; Fe; Mn; Zn; Cu, e conteúdo de Ni (Níquel). Sólidos solúveis totais (TSS), ácido L-ascórbico (LAA), nitrato, e conteúdos de amônio foram medidos nas folhas frescas nas duas primeiras colheitas, enquanto nas duas segundas colheitas foram usadas para extração de óleo essencial que foi analisada para os componentes essenciais. Baixos níveis de fertilização de Ni, particularmente 50 mg/kg de solo, aumentaram o rendimento e a qualidade das folhas de salsa sem afetar a clorofila da folha e o conteúdo de ferro, mas reduziu TSS, LAA, Nitrato, e níveis de amônio. Níveis crescentes de Níquel, acima de 100 mg/kg de solo resultaram em sintomas visíveis de clorofila da folha e reduziu N, e os níveis relativos de Mg em relação ao controle. O principal componente do aroma das folhas de salsa, 1, 3, 8 - p - mentatriene, formam 62% de óleo essencial, e mostraram 10-25% em relação ao controle com 25 mg ou níveis mais altos de fertilização de Ni por kg de solo. Os autores sugeriram que baixos níveis de Níquel, particularmente 50 mg/kg de solo argiloso, melhora fortemente não só o rendimento e qualidade de folha de salsa (i. e. área da folha; conteúdo mineral; rendimento de óleo e sabor), mas, também, as folhas ficam mais tenras para consumo humano, desde que aqueles conteúdos de amônio e nitrato foram reduzidos significativamente.

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie olerícola consumida em todas as regiões do Brasil, principalmente na região Nordeste. Segundo Filgueira (1982) as folhas,

com sabor e aroma muito ativos e peculiares, são incorporadas as receitas culinárias de peixes e as sopas portuguesas e em diversos pratos típicos do Nordeste do Brasil. Mesmo sendo uma cultura de destaque comercial, têm sido poucos os estudos que visam melhorar as técnicas de produção dessa olerícola (Souza, 1981; Filgueira, 1993).

Conforme Marques & Lorencetti, (1999) o coentro é uma hortaliça anual de grande importância econômica e social para o Nordeste brasileiro. Esta espécie pertencente à família *Apiaceae* sendo originária da região mediterrânea. No Brasil, as folhas são a parte da planta mais utilizada na alimentação humana, participando de muitos pratos regionais, especialmente nas regiões Norte e Nordeste.

O coentro sempre é cultivado com o uso da irrigação, em virtude das condições climáticas da região; geralmente, é uma cultura explorada em pequenas áreas, sendo utilizada água proveniente de pequenas fontes, assim, dependendo da época do ano, geralmente contém níveis elevados de sais, e no caso de ser usada na irrigação de algumas culturas, pode prejudicar o seu desenvolvimento, diminuindo conseqüentemente a produção (Leprun, 1983; Medeiros, 1992).

De acordo com Nascimento (2000), embora seja espécie de clima tropical, a germinação pode ser reduzida sob temperatura desfavorável, com conseqüências negativas para o estabelecimento da cultura em campo. Cada espécie apresenta temperatura mínima, máxima e ótima para a germinação e, dentro de cada espécie, podem existir diferenças marcantes entre as cultivares quanto a germinação nas diferentes temperaturas. Segundo Pereira et al. (2005) pouca pesquisa tem sido feita com esta hortaliça, incluindo a tecnologia adequada para produção, desenvolvimento de novas cultivares, dentre outras. Soma-se a isto, a escassez de informações a respeito da produção e comercialização do coentro. Estes mesmo autores verificaram que altas temperaturas representam limitação no estabelecimento de plantas de coentro em condições de campo.

São poucas as cultivares de coentro conhecidas entre os produtores, Na maioria das regiões produtoras cultivam-se materiais locais, cuja predominância é, em geral, desconhecida. Praticamente em toda região Nordeste utiliza-se o coentro Verdão como única opção de plantio. Com o surgimento de novas cultivares comerciais por parte de empresas produtoras de sementes, torna-se imprescindível o teste do desempenho produtivo dessas cultivares (Pedrosa et al., 1984).

O fornecimento de doses adequadas de nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura. Todas as espécies são beneficiadas, porém as hortaliças herbáceas são aquelas que apresentam efeito

direto na produtividade, já que o produto é constituído por folhas, hastes tenras e inflorescência. A colheita ocorre cerca de 60 dias após a sementeira, para retirar somente alguns ramos, podendo-se fazer diversas colheitas.

Segundo Haag e Minami (1998) por apresentar precocidade em seu ciclo (45 – 60 dias), o coentro garante retorno rápido do capital investido, aumentando a renda das famílias envolvidas na exploração, viabilizando a mão-de-obra familiar ociosa, tornando-se, então, uma espécie de notável alcance social.

Conforme Pedrosa et al. (1984), planta é uma apiácea herbácea, condimentar, considerada imprescindível em diversos pratos, tipos de molhos, saladas e no tempero de peixes e carnes, constituindo-se numa boa fonte de vitamina C, pró-vitamina A, cálcio e ferro.

Seu cultivo é predominante nas zonas periféricas das cidades (hortas comunitárias) exclusivamente para produção de massa verde. Por ser uma cultura de ciclo precoce, de 45 a 60 dias, garante retorno rápido do capital investido, aumentando a renda das famílias envolvidas na exploração, possibilitando a utilização de mão-de-obra familiar ociosa, tornando uma espécie de notável alcance social (Haag & Minami, 1998).

O coentro é pouco exigente em relação a solo e a nutrientes. Apenas com a adubação orgânica pode-se obter uma produtividade razoável, no entanto, a aplicação de fósforo e potássio no plantio e nitrogênio em cobertura nos primeiros 20 dias após a sementeira, favorece o rápido crescimento vegetativo das plantas e aumento do volume de folhas produzidas (Filgueira, 2000).

Apesar de absorverem relativamente pequenas quantidades de nutrientes, quando comparadas com outras culturas, as hortaliças folhosas são consideradas exigentes em nutrientes, em função de seus ciclos relativamente curtos. Mesmo sendo o fósforo, um dos nutrientes que o coentro mais responde (Filgueira, 2000), pouco se conhece a respeito dos níveis ideais deste elemento a serem aplicados no solo, visando à obtenção de rendimentos satisfatórios. As recomendações encontradas na literatura indicam uma grande variação nos níveis de  $P_2O_5$  recomendados para esta cultura.

Filgueira (1982) e Pedrosa et al. (1984), recomendam  $5 \text{ g.m}^{-2}$  e  $700 \text{ kg.ha}^{-1}$  de superfosfato simples em adubação de plantio, respectivamente. Segundo Filgueira (2000), para se obter rendimento satisfatório de massa verde no coentro em solos com teor baixo a médio de fósforo, deve ser fornecido a cultura de 100 a  $180 \text{ kg.ha}^{-1} P_2O_5$ , na adubação de plantio.

De acordo com Pereira et al. (2005), pouca pesquisa tem sido feita com esta hortaliça, incluindo a tecnologia adequada para a produção, desenvolvimento de novas

cultivares, dentre outras. Soma-se a isto, a escassez de informações a respeito da produção e comercialização do coentro.

Esses autores verificaram ainda que altas temperaturas representam limitação no estabelecimento de plantas de coentro em campo. A semeadura na época adequada, quando a temperatura está próxima do ideal (15 a 25°C) para germinação da cultivar deve ser considerado, visando a obtenção de potencial máximo de desempenho.

A aplicação de nitrogênio nos primeiros 20 dias após a semeadura, garante um rápido crescimento vegetativo. Há consenso entre diversos autores sobre a eficiência do esterco bovino associado ou não a adubos minerais em elevar a produção de hortaliças (Oliveira et al., 2002).

Ainda, com relação a doses crescentes de N, conforme Oliveira et al., (2003), a altura de plantas e a massa verde aumentaram linearmente em função das doses de N para cultivar Verdão num espaçamento de 20 cm x 5,0 cm, em parcelas de 2,0 m<sup>2</sup>. As avaliações foram feitas aos 50 dias após semeadura. O emprego do N no cultivo do coentro proporciona aumento no rendimento de massa verde e na receita.

Esses autores recomendam usar a dose de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N parcelada em duas partes iguais, para serem aplicadas em cobertura, aos 20 e 40 dias após semeadura.

### **2.3 – Importância de irrigação**

Na agricultura, a irrigação é fundamental para eliminar o risco de deficiência hídrica nos cultivos, aumentar a produtividade, garantir a produção de alimentos e intensificar o uso da terra. Por outro lado, a elevada demanda de água em projetos de irrigação no Brasil exige racionalização no seu uso por meio de alternativas que proporcionem maior eficiência no uso da água (Rassini, 2002).

Existem muitas evidências no mundo de que grandes áreas, após os benefícios iniciais da irrigação, têm-se tornado impróprias à agricultura. Apesar de seus imensos benefícios, ela tem criado impactos ambientais adversos ao solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública, à fauna e flora, e, em alguns casos, às condições sócio-econômicas da população local. Entretanto, a irrigação no Brasil, ainda não está sendo praticada com boa eficiência. Todavia, com a competição cada vez maior por água, pelos vários setores da sociedade, associada aos movimentos ecológicos, conscientizando a população da importância de um meio ambiente mais saudável e menos poluído, haverá, sem dúvida, pressão para que a

irrigação seja conduzida com maior eficiência, de modo que cause o mínimo de impacto possível no meio ambiente, notadamente no que diz respeito à disponibilidade e qualidade da água para as múltiplas atividades (Bernardo, 1998).

Nesse sentido, é importante enfatizar que as plantas requerem grandes quantidades de água, principalmente quando as condições climáticas são favoráveis a seu crescimento e desenvolvimento. No entanto, elas dependem da interação entre sua constituição genética e as condições ambientais, especialmente água-clima e solo. Portanto, o estudo sobre a interação clima-água-planta deve ser o ponto de partida, quando se visa ao aumento da eficiência da produtividade agrícola e constitui o aspecto mais importante em qualquer atividade que envolva o uso eficiente dos recursos hídricos (Sediyama et al., 1998).

Vários fatores referentes ao solo, à planta e à atmosfera interagem entre si, determinando a produtividade das culturas agrícolas. Certamente existe uma relação funcional entre esses fatores e a produção das culturas, características de cada condição ambiental. A resposta das culturas à irrigação pode variar em diferentes solos, climas e também em decorrência da quantidade e frequência de aplicação de água. O efeito da água na produção pode ainda interagir com fertilizantes e uma série de outros insumos (Frizzone, 1998).

A agricultura brasileira é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento do país, sendo responsável pelo abastecimento interno de alimentos, pela geração de excedentes exportáveis e pela produção de energia renovável. E, ainda, apresenta grande potencial de crescimento, pois extensas áreas ainda não foram exploradas para a produção agrícola e uma parte significativa das áreas produtivas está subutilizada, seja por insuficiência de água, seja por distribuição irregular da água disponível. A degradação do recurso água é problema mundial. A água doce e de boa qualidade tem ficado cada vez mais escassa, com perspectivas de agravamento da situação atual, por causa de diversos fatores tais como o aumento da população, a maior demanda para produção agrícola e industrial, além do uso de forma inadequada (Rezende, 2000).

A necessidade de aumentar a produção de alimentos, aliada à globalização do comércio e à competitividade dos produtos agrícolas, tem estimulado cooperativas e produtores a buscarem técnicas alternativas para a melhoria da produtividade e redução de custos. Deste modo, os polímeros hidrorretentores passaram a ser pesquisados como forma de minimizar os problemas associados à baixa produtividade, geralmente provocada pela disponibilidade irregular ou deficitária de água e má estruturação do solo. Esses polímeros, arranjo de moléculas orgânicas, quando secos, apresentam forma granular e quebradiça. Ao serem hidratados, transformam-se em gel, cuja forma macia e elástica possibilita absorver

cerca de cem vezes o seu peso em água, ou mais (Fonteno & Bilderback, 1993). Inicialmente utilizados como alternativa de produção para as regiões de clima árido, sua aplicação tornou-se conhecida nas diferentes partes do planeta, diversificando-se, sobremaneira, em hortaliças e culturas anuais. A maior parte das pesquisas realizadas mostrou-se favorável ao emprego de polímeros nos solos agrícolas, apresentando como principal fator de convergência a melhor utilização da água (Flannery & Busscher, 1982; Azzam, 1983; Baasiri et al., 1986; Blodgett et al., 1993; Volkmar & Chang, 1995) citado por (Prevedello & Balena, 2000).

A melhoria das características físicas do solo, visando o aumento da capacidade de retenção de água, é um problema da Física do Solo que não foi resolvido com sucesso total (Reichardt, 1996). Tentativas de solucionar este problema incluem o uso de condicionadores de solos.

Gel ou polímeros superabsorventes são condicionadores de solo desenvolvidos para ajudar o crescimento e o estabelecimento de plantas em ambientes propensos a seca. Os polímeros geralmente disponíveis vêm de três famílias químicas: (i) amido-poliacrilon-itrile enxertado (co-polímero de amido), (ii) vinil ácido álcool-acrílico, co-polímero (polivinilalcool) e (iii) metal de acrilamida-álcali, co-polímero (poliacrilamidas). Tais polímeros são capazes de absorver grandes quantidades de água e se expandem para formar fragmentos de gel que agem como reservatórios pequenos de umidade no solo. A água pode ser extraída do gel por pressão de sucção, enxertado pelas raízes das plantas ou pode ser perdida lentamente para a atmosfera por evaporação (Johnson, 1984a). Os polímeros superabsorventes aumentam a oferta de água-disponível para as plantas em solos de textura grossa (Johnson, 1984a; Woodhouse, 1989) e têm propriedade de proteção aos sais tal que eles podem manter água de qualidade absorvida na presença de sais e fertilizantes nas águas de irrigação (Hamilton & Lowe, 1982; Johnson, 1984b, Woodhouse, 1989). Há evidências que estes polímeros hidrófilos beneficiam as plantas prolongando sua sobrevivência durante períodos de seca (Callaghan et al., 1988) citado por (Woodhouse & Johnson, 1991).

Os polímeros de poliacrilamidas podem ser solúveis ou insolúveis em água dependentes de sua estrutura química. Os solúveis podem ser classificados como não-aniônicos, catiônicos, ou aniônicos. Estes polímeros solúveis são, atualmente, utilizados como floculantes no tratamento de água residuária de indústrias de papel e celulose e clareamento de água potável. As poliacrilamidas aniônicas são as que apresentam maior importância para agricultura (Sojka & Lentz, 1996).

Bjorneberg & Aase (2000), mostraram que a aplicação de 3,0 kg/ha de poliacrilamidas aniônicas com a duração da água de irrigação reduziu o escoamento superficial em 30% e as perdas de solo induzidas pela irrigação por aspersão, em 60%.

Conforme Lentz et al. (1998) a maioria das perdas de fósforo nos campos irrigados ocorre via escoamento superficial e estão associadas com sedimentos erodidos, e podem ser minimizados pela eliminação da erosão induzida. Uma nova prática conveniente que elimina as perdas de solo induzidas pela irrigação por sulcos usa um poliacrilamida de peso molecular alto, aplicado no fluxo de entrada no início da irrigação. O polímero é efetivo, conveniente e econômico, e reduziu satisfatoriamente as perdas de fósforo e material orgânico em campos irrigados por superfície.

A influencia destes polímeros sobre a dinâmica da água no solo e seu efeito positivo sobre a disponibilidade hídrica para as plantas cultivadas tem sido amplamente documentado (Tayel & EL Hady, 1981; Johnson, 1984; Taylor & Halfacre, 1986; Orzolek, 1993). A literatura oferece, entretanto, crescentes evidências de que o emprego dos polímeros no solo é útil em baixas condições de aridez, sendo que alguns deles propiciam benefícios na produção de espécies hortícolas cultivadas em condições de estresse hídrico moderadas, (Pill & Jacono, 1984; Taylor & Halfacre, 1986), e se tem demonstrado que melhoram a eficiência no uso de água em diferentes sistemas de cultivo (EL Hady et al., 1981; Azzam, 1985; Johnson & Leah, 1990). A etapa inicial no crescimento das plantas constitui o momento mais crítico em sua produção, razão pela qual a mesma deve ser completada de forma rápida (Klassen, 1993). A velocidade com que emergem as plântulas, sua uniformidade e sua taxa de crescimento inicial são determinantes para a obtenção de plantas de qualidade e em períodos de tempo razoáveis (Liptay & Nicholls, 1993) citado por (Tittonell et al., 2002).

Segundo Woodhouse & Johnson (1991), o peso seco é talvez a avaliação mais segura de desempenho de planta e inclui carboidrato, proteína e porções minerais de importância para a nutrição de organismos consumidores. A eficiência de uso de água é uma medida de quanta água é requerida para produzir uma unidade de peso seco. É de particular significação na avaliação de desempenho de polímero em um sistema de crescimento solo-planta, porque integra evapotranspiração pela planta e evaporação da mistura de areia-polímero. Na prática, eficiência de uso de água é uma conveniente medida para avaliar o desempenho técnico de um polímero porque um aumento na eficiência de uso de água é freqüentemente uma indicação que as perdas de água por evaporação do solo estão sendo reduzidas. Esta redução em perda de água é uma consequência direta das características de liberação de água de um polímero

particular, e resulta em uma maior proporção da reserva total de água do solo transformada em rendimento.

Cultivo em dunas de areia em locais áridos requer grandes quantidades de água de irrigação na estimativa da taxa de evapotranspiração. A baixa capacidade de retenção de água em solos arenosos causa rápida infiltração e perdas por percolação abaixo da zona de raízes. O uso do gel polímero hidrófilo foi testado durante alguns anos para aumentar a capacidade de retenção de água de solos arenosos (Stewart, 1975; Taylor & Halfacre, 1986), e a poliacrilamida (PAM) é um dos materiais que tem sido pesquisado extensivamente (Azzam, 1980). Estes materiais parecem ser os absorventes de água mais eficientes que previnem o murchamento de plantas a curto-prazo. Sua biodegradação no solo é muito lenta (Johnson, 1984; Baasiri et al., 1986) citado por (Silberbush et al., 1993).

### **2.3.1 – Lisimetria e evapotranspiração**

Conforme Harrold (1966), estudos iniciais de lisimetria começaram na França por volta de 1688. A maioria destes estudos relacionava-se com a percolação da água, sem que houvesse previsão para medição de escoamento superficial, armazenamento de água no solo ou avaliação da evapotranspiração. Os trabalhos utilizando lisímetros para a obtenção de dados de evapotranspiração iniciaram-se por volta de 1900, com o uso de lisímetro de lençol freático constante, assumindo-se que não havia mudanças no armazenamento de água durante o período e equacionando a evapotranspiração ao total de água adicionada ao lisímetro.

Inicialmente, os lisímetros foram concebidos para estudar a drenagem profunda e a concentração de nutrientes extraídos do volume de solo. A evapotranspiração passou a ser determinada como um subproduto, daí serem conhecidos também como evapotranspirômetros. Normalmente esses equipamentos são construídos de modo a evitar o escoamento superficial (Aboukhaled et al., 1982). Conforme o mesmo autor, lisímetros são recipientes preenchidos com solo, localizados no campo, de forma a assemelhar-se às condições ambientais, vegetados ou não, utilizados para determinar a evapotranspiração de uma cultura em crescimento, de uma cobertura vegetativa de referência ou a evaporação de um solo. No entanto, isola hidrológicamente um volume de solo – ar – água do solo circundante. Caracteristicamente, limita os lados e a base do reservatório solo – ar – água, enquanto sua superfície deve ser tão representativa quanto possível dos arredores não modificados.

De acordo com Pereira et al (1997), o evapotranspirômetro é o único equipamento que promove a medição direta da evapotranspiração, pois as condições do sistema solo-água-planta podem ser controladas mais precisa e convenientemente do que nos perfis de solo natural.

A utilização de lisímetros envolve medições de toda entrada e saída de água, de um volume de solo isolado hidrológicamente, com sua superfície vegetada ou não. Esta saída e entrada do fluxo de água podem ser representadas pela equação do balanço hídrico:  $P + I = E_{To} + D + \Delta w$ , onde: P = Precipitação, I = Irrigação,  $E_{To}$  = Evapotranspiração de referência, D = Drenagem profunda e  $\Delta w$  = Mudança no armazenamento de água no solo (Aboukhaled et al., 1982).

Os lisímetros de drenagem estimam a evapotranspiração para um dado período de tempo por dedução da água de drenagem coletada do total de água adicionado por irrigação ou precipitação. Embora sejam relativamente econômicos, em relação aos evapotranspirômetros de pesagem, e menos limitantes quanto a aspectos construtivos, são menos precisos e muito limitantes para períodos curtos de tempo (Dylla & Cox, 1973). Segundo Saxton (1988), a realização do balanço hídrico do solo para curtos períodos, constitui-se num dos grandes desafios para os pesquisadores que trabalham com as interações solo – água – planta – atmosfera, pois a quantidade de água perdida pela superfície, por evaporação e transpiração é de grande importância na determinação das necessidades hídricas das culturas.

Os lisímetros de drenagem funcionam razoavelmente apenas em períodos longos de observação: 7 a 10 dias, devido à redistribuição de água no perfil de solo (Pereira et al., 1997). Existem no Brasil vários conjuntos desse tipo, variando apenas suas dimensões. Camargo (1962) utilizou uma bateria de lisímetros de drenagem feitos de caixa de cimento amianto de 30 litros, para determinar a evapotranspiração potencial mensal de um gramado, em três localidades do Estado de São Paulo.

Moura (2000) utilizou uma bateria de 20 lisímetros de drenagem, instalada na Universidade Federal de Viçosa-UFV, para avaliar a salinidade residual do solo; monitorar o lixiviado; estimar a evapotranspiração e o coeficiente de cultivo da beterraba. Os lisímetros eram compostos de caixas de cimento amianto de 1000 L e dotados de sistema de drenagem. Do mesmo modo, Lima (1998) realizou experimento conduzido em condições de lisímetros de drenagem, na Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de avaliar os efeitos da concentração salina da água de irrigação e da fração de lixiviação, sobre crescimento e produção do feijão (*phaseolus vulgaris L.*) e na salinização do solo.

Martin et al. (1994), em pesquisa sobre lixiviação de nitratos, concluíram que os lisímetros de drenagem podem ser usados, adequadamente, na avaliação de estratégias de manejo de nitrogênio, em condições de campo.

De acordo com Flores Luí & Saldívar (1986), os lisímetros constituem uma ferramenta de grande utilidade em estudos direcionados para a determinação dos fatores que afetam o movimento de substâncias químicas no solo. Segundo os autores, existem evidências, na literatura, de que estudos em lisímetros possibilitaram determinar o destino das substâncias aplicadas ao solo, bem como emitir recomendações práticas sobre um manejo mais eficiente de cultivos, de modo a minimizar os riscos de contaminação do lençol freático. Com base nesse argumento, recomenda-se o uso dos lisímetros em razão dos benefícios que proporcionam como ferramenta sensível e confiável para investigação do movimento de sais e fertilizantes no solo.

Shih et al. (1997) estimaram a evapotranspiração e os coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) para o milho, sorgo e feijão-soja em Taiwan. A evapotranspiração atual ( $ET_a$ ) foi medida em lisímetros de drenagem. Os coeficientes de cultivo foram obtidos pela divisão da evapotranspiração atual ( $ET_a$ ) pela evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman modificado. Foi aplicado o método de irrigação por corrugação. Para o milho, os coeficientes de cultivo estimados foram 0,40; 0,78; 0,89 e 0,71 para a fase inicial de desenvolvimento vegetativo, fase de produção e final de maturação, respectivamente; o valor máximo de  $K_c$  correspondeu 77-78 dias após semeadura. Para o sorgo foram 0,44; 0,71; 0,87 e 0,62 para as quatro fases, respectivamente; o valor máximo de  $K_c$  correspondeu 63-64 dias após semeadura. Para o feijão-soja, os coeficientes de cultivo foram 0,45; 0,89; 0,92 e 0,58 nas quatro fases, respectivamente; o valor máximo de  $K_c$  correspondeu 57-58 dias após semeadura. Os resultados, neste estudo, confirmaram a relação entre o coeficiente de cultivo e os dias após semeadura, que será útil para estimar a necessidade de água do cultivo sob condições subtropicais.

Considerando o coeficiente de cultivo um parâmetro importante para programação da irrigação e distribuição de água, (Kang et al., 2003) determinaram os coeficientes de cultivo e a relação da transpiração e a evapotranspiração ( $T_p/ET_c$ ) do trigo de inverno (*Triticum aestivum L.*) e milho (*Zea mays*), baseados em dados de lisímetro durante 10 anos em uma região semi-árida da China Noroeste, e concluíram que os resultados deveriam ajudar o planejamento preciso e o manejo eficiente de irrigação para as culturas nesta região.

### 2.3.2 – Qualidade da água de irrigação

Segundo Lima (1998), a qualidade da água refere-se à sua adaptabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas são adequadas às necessidades do usuário. Sob o ponto de vista da agricultura, entre as características mais importantes que qualificam uma água quanto ao uso em irrigação, destacam-se a concentração total de sais solúveis, a concentração relativa de sódio e a presença de elementos traços.

Toda água natural contém sais dissolvidos, portanto a prática da irrigação, que consiste em suprir as necessidades de água das plantas, irá provocar a salinização do solo. Os sais dissolvidos na água de irrigação são deixados no solo, onde se acumulam à medida que a água pura passa para a atmosfera, por evaporação e por transpiração (Ayers & Westcot, 1991; Rhoades et al., 1992).

Muitos insucessos verificados na agricultura irrigada, no Nordeste, podem estar associados à falta de critério na escolha de culturas adequadas às condições edafoclimáticas vigentes e à não-observação da época do ano em que a água se torna escassa e simultaneamente mais salina (Audry & Suassuna, 1995).

Estudando a qualidade das águas usadas na irrigação de 95 pequenas propriedades localizadas nos Estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, nos anos de 1988 a 1992, Medeiros (1992) e Audry & Suassuna (1995) concluíram que as águas desses Estados apresentaram composição química semelhante, sendo predominantemente cloretadas e sódicas, com CE variando entre 0,25 e 1,50 dS m<sup>-1</sup> em aproximadamente 78% das águas analisadas. Em relação ao cálcio e ao magnésio, as concentrações foram praticamente as mesmas. Os autores verificaram variações significativas nas características das águas, durante e entre os anos estudados, bem como entre as diversas fontes analisadas.

Na literatura existem vários modelos de classificação de água para irrigação, e dentre eles existe um que se refere, principalmente, aos efeitos em longo prazo da qualidade da água sobre a produção das culturas nas condições de solo e de manejo agrícola. A água é classificada quanto ao grau de restrição de uso: sem restrição ao uso, com restrição variando de baixa à moderada e restrição severa, conforme pode ser verificado na tabela 1. Dentre os parâmetros usados nessa classificação destacam-se a salinidade, a infiltração e a toxicidade de íons específicos e outros (Ayers & Westcot, 1991).

Tabela 1 – Diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação.

Problema Potencial	Unidades	Grau de Restrição ao Uso		
		Nenhum	Baixa à Moderada	Severa
<b>Salinidade</b> (afeta a disponibilidade de água para a cultura)				
CEa <sup>1</sup>	dS m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT <sup>2</sup>	mg L <sup>-1</sup>			
<b>Infiltração</b> (avaliada usando CEa e RAS conjuntamente)				
RAS <sup>3</sup> = 0 – 3 e CEa		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 – 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade de Íons Específicos</b> (afeta culturas sensíveis)				
<b>Sódio (Na)</b>				
Irrigação por Superfície	RAS	< 3	3 – 9	> 9
Irrigação por Aspersão	meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	
<b>Cloreto (Cl)</b>				
Irrigação por Superfície	meq L <sup>-1</sup>	< 4	4 – 10	
Irrigação por Aspersão	meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	
<b>Boro (B)</b>				
	mg L <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
<b>Outros</b> (afeta culturas sensíveis)				
Nitrogênio (NO <sub>3</sub> -N) <sup>4</sup>	mg L <sup>-1</sup>	< 5,0	5,0 – 30	> 30
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	meq L <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
<b>pH</b>		Faixa normal 6,5 – 8,4		

<sup>1</sup> CEa – Condutividade elétrica da água em deciSiemens por metro (dS m<sup>-1</sup>), a 25°C.

<sup>2</sup> SDT – Sólidos dissolvidos totais.

<sup>3</sup> RAS – Razão de adsorção de sódio.

<sup>4</sup> NO<sub>3</sub> – N – Nitrogênio em forma de nitrato, expresso em termos de nitrogênio elementar

Segundo Krause & Rodrigues (1998) a agricultura irrigada depende tanto da qualidade como da quantidade da água, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes,

de boa qualidade e de fácil utilização: esta situação, todavia, está alterando-se em muitos lugares. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir um planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

Quando se utiliza água de irrigação com concentração elevada de sais, é necessário se conhecer a salinidade acima da qual a planta começa a ser afetada. Segundo Maas & Hoffman (1977) as hortaliças, de maneira geral, são as culturas mais sensíveis à salinidade.

Medeiros et al. (1993b) estudando o efeito de diferentes níveis de salinidade da água de irrigação (0,55; 1,23; 2,27; 3,41 e 4,50 dS.m<sup>-1</sup>) e uma fração de lixiviação de 0,10, sobre duas cultivares de coentro, concluíram que os níveis de salinidade afetaram os vários parâmetros estudados, como peso fresco e altura de plantas, por ocasião da colheita de folhas verdes, produção de frutos e seus componentes de produção. A diminuição nos rendimentos de folhas verdes e de frutos para o nível mais alto de salinidade, em relação a produção obtida para a água de baixa salinidade, foi de 33% e 29%, respectivamente.

Medeiros et al. (1998) estudando o efeito de três tipos de água de irrigação (0,56; 2,41 e 3,93 dS.m<sup>-1</sup>) e dois níveis de irrigação (1,03.ETo e 1,25.ETo) sobre o rendimento do coentro cultivar Aromático, concluíram que a produção de folhas verdes de coentro, que está relacionada a altura, ao número de hastes por planta e ao stand final, foi afetada significativamente pela salinidade do solo resultante do esterco e dos tratamentos estudados e que a produção comercial de coentro só foi satisfatória para os tratamentos cuja salinidade do solo ficou abaixo de 5,1 dS.m<sup>-1</sup>.

Em estudos realizados sobre a qualidade química da água dos açudes do Nordeste brasileiro, Laraque (1989) verificou que a concentração dos íons (em mg.L<sup>-1</sup>) comumente encontrados nas águas variou de 10 a 70 para o cálcio; de 5 a 60 para o magnésio; de 10 a 300 para o sódio; de 50 a 180 para o bicarbonato; de 0,3 a 30 para os sulfatos; e de 18 a 400 para o cloro.

Observou-se, para as condições do Nordeste, que a salinidade da água, em média, varia na ordem decrescente de açudes, rios, cacimbões e poços rasos, havendo ainda grande variação na composição da água de açudes entre a estação chuvosa e a seca, e que a composição iônica dos sais encontrados é: para os cátions, Na > Ca > Mg > K; e para os ânions, Cl > HCO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub>, conforme Leprun (1983) citado por Medeiros, (1992).

A sodicidade refere-se à elevada atividade do íon sódio em relação aos íons cálcio e magnésio. A solução do solo, quando excessivamente sódica, promove a desagregação e dispersão dos minerais de argila em partículas muito pequenas, que obstruem os poros do solo. Mediante as sucessivas irrigações, forma-se uma camada superficial selada, o que reduz

a infiltração no solo e aumenta os riscos de erodibilidade do solo (Hillel, 1970; Irurtia & Peinemenn, 1986; Ayers & Westcot, 1991; Lal & Stewart, 1994). A consequência direta da redução da infiltração sobre as culturas torna-se evidente quando a água de irrigação não consegue atravessar a superfície do solo à velocidade suficiente para permitir a renovação da água consumida pelas culturas, entre duas irrigações, originando um déficit hídrico que resultará em perda de produtividade da cultura.

A sodicidade da água é frequentemente estimada por meio da razão de adsorção de sódio (RAS), conforme a equação:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2}} \quad (1)$$

Na equação 1, os solutos Na, Ca e Mg são expressos em meq.L<sup>-1</sup> (Bouwer & Idelovitch, 1987; Cantarella & Andrade, 1992; Pescod, 1992).

A RAS é também usada para estimar a porcentagem de sódio trocável (PST), parâmetro este que caracteriza a sodicidade do solo, conforme a equação apresentada por Ferreira (1997):

$$\text{PST} = \frac{100(-0,0126 + 0,01475 \text{RAS})}{1 + (0,0126 + 0,01475 \text{RAS})} \quad (2)$$

Além dos riscos associados à salinidade e ao sódio, já mencionados, determinados íons podem causar toxidez em certas espécies de plantas, quando presentes na solução do solo em concentrações acima daquelas toleradas. Dentre esses íons, destacam-se o cloreto, o sódio e o boro (Rhoades, 1990; Tanji, 1990; Ayers & Westcot, 1991; Pescod, 1992).

Os íons apresentam diferentes níveis de toxidez. O boro, por exemplo, mesmo sendo um micronutriente essencial às plantas, quando em concentração tão pequena quanto 0,2 mmolL<sup>-1</sup> pode ser tóxico a certas plantas, ao passo que concentrações de cloretos de até 200 mmolL<sup>-1</sup> podem ser toleradas por algumas culturas (Maas, 1990).

O pH é um indicador da acidez ou de alcalinidade de um ambiente. No caso da água de irrigação, o pH normal varia entre 6,5 e 8,4. Águas cujos valores de pH estão fora dessa faixa podem provocar desequilíbrios nutricionais, ou conter íons tóxicos.

A prática da irrigação é relativamente flexível em relação à qualidade da água, ou seja, algumas culturas podem ser irrigadas com água de qualidade inferior, isto é, que possui elevado teor de sais, com perdas pouco significativas em seus rendimentos, uma vez que

alguns problemas relacionados à qualidade da água podem ser solucionados mediante o emprego de práticas adequadas de manejo, como lixiviação, seleção de culturas tolerantes, irrigações freqüentes e mistura de águas, dentre outras (Lima, 1998).

Conforme Rhoades et al. (1992) em Israel, onde o solo é geralmente permeável e apresenta boa drenagem, tem-se irrigado com água de CE de até 5,5 dS. m<sup>-1</sup>. Em algumas situações, a água é previamente diluída antes de ser usada. A lixiviação adotada varia entre 25 e 30% da evapotranspiração. Os autores apresentam exemplos ilustrativos relativos a vasta experiência no uso de água salina na irrigação, sob diferentes condições, demonstrando que águas com teores salinos muito superiores àqueles recomendados para as águas classificadas como adequadas para irrigação podem, de fato, ser usadas efetivamente para produzir alimentos, selecionando adequadamente as culturas e cultivando-as sob condições adequadas de manejo.

Rhoades et al. (1992), analisando algumas áreas irrigadas no sudoeste dos Estados Unidos, onde se usa água com baixa qualidade é utilizada por um período de 70 a 100 anos sem ocorrência de degradação dos solos ou declínio aparente da produtividade, concluíram que o sucesso alcançado foi em virtude das práticas adequadas de manejo do sistema solo-água-plantas e da seleção apropriada das culturas. Naquelas áreas, os irrigantes demonstraram que é possível ajustar o sistema produtivo a qualquer água disponível, mesmo na presença de altos níveis de sódio.

Considerando a inexistência de indicativos de tolerância do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) à salinidade, Soares et al. (2002) estudaram, no delineamento inteiramente casualizado, os efeitos de oito níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), variando de 1,0 a 8,0 dS m<sup>-1</sup>, sobre o vigor e a formação de mudas de maracujazeiro amarelo. A salinidade retardou a germinação, mas houve decréscimo relativo com CEa > 4,43 dS.m<sup>-1</sup>; o vigor de plântulas e o crescimento foram afetados com a salinidade, todavia, água de CE de 4,0 dS m<sup>-1</sup> proporcionou 85% de vigor e mudas com crescimento superior a 50% em relação ao menor nível estudado. Com base na salinidade do solo, o maracujazeiro amarelo pode ser considerado 'moderadamente tolerante' na fase de muda.

Conforme Amorim et al. (2002) na Paraíba é comum a irrigação do alho por aspersão utilizando águas salinas, o que pode causar sérios danos às plantas. Os autores avaliaram, em casa de vegetação, os efeitos sobre crescimento e produção do alho a partir de dois modos de aplicação de água, molhando ou não a folhagem das plantas, combinados com cinco níveis de salinidade da água de irrigação, que variaram entre 0,6 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>. O desenvolvimento das plantas foi avaliado aos 30; 60; 90 e 120 dias após o plantio (DAP). As plantas de alho foram

relativamente tolerantes à salinidade na brotação de bulbilhos e crescimento até 30 DAP. No final do ciclo (90-120 DAP), a parte aérea da planta e a formação dos bulbos foram afetados pelo molhamento da folhagem das plantas. A salinidade começou a afetar a parte aérea das plantas entre 30-60 dias, enquanto o bulbo passou a ser afetado entre 60-90 DAP. A fase final de formação do bulbo (últimos 30 dias do ciclo) foi a mais sensível a salinidade. A razão bulbar não pode ser utilizada como parâmetro de avaliação de tolerância do alho a salinidade.

### **2.3.3 – Avaliação dos efeitos da água de irrigação no solo**

Em condições naturais, os solos e as águas contêm sais. Na água e no solo, a fonte natural de sais é composta pelos minerais constituintes das rochas que formam a superfície terrestre. Os solos podem tornar-se salinos e, ou, alcalinos, devido aos processos naturais e induzido. Dentre os processos naturais, destacam-se aqueles “in situ” (em bacias fechadas), litorâneos e aqueles em consequência de fenômenos meteorológicos e intrusão. O processo induzido, ou provocado pelo homem, ocorre em razão da escolha e, ou, do manejo inadequado das áreas irrigadas, nas regiões de climas áridos e semi-áridos, tendo a água como o principal veículo de sais que entram na zona radicular das culturas. Dentre os fatores que favorecem o processo de salinização induzida em áreas irrigadas, destacam-se: água de má qualidade, drenagem natural deficiente, clima, topografia, manejo inadequado da irrigação e formação de lençol freático (Ferreira, 1997).

Conforme o mesmo autor, o excesso de sais no solo reduz o crescimento e o desenvolvimento das plantas, em virtude da elevação da pressão osmótica da solução do solo e da toxicidade dos íons específicos, afetando os diversos processos fisiológicos nas plantas. Por outro lado, o excesso de sódio no solo, comparado ao cálcio e magnésio, produz os efeitos de alcalinidade nesse solo, o que está associado à redução da velocidade de infiltração da água, resultado da dispersão de argila junto à superfície do solo, provocada por encharcamento, falta de aeração e impedimento físico à penetração das raízes. No solo, tanto o desenvolvimento de salinidade quanto o de alcalinidade resultam na queda de disponibilidade de água para as culturas, porque a salinidade aumenta a pressão osmótica na solução do solo, enquanto a alcalinidade impede a infiltração.

Os maiores problemas são encontrados nos perímetros irrigados que são administrados por órgãos governamentais, principalmente em áreas nas quais os colonos são assentados. Por não praticarem técnicas adequadas à irrigação, esses colonos aceleram o

processo de salinização dos lotes, e terminam por abandoná-los. A reintegração dessas áreas ao sistema produtivo somente é possível por meio da recuperação do solo, que, muitas vezes, necessita de corretivos químicos e de lixiviação, caso ocorram problemas de sódio, e de lixiviação apenas, quando se trata de um problema de salinidade. Via de regra, a área necessita da implantação de uma rede de drenagem artificial, o que torna seu processo de reintegração caro e demorado.

Em condições naturais, mesmo nas regiões áridas, são poucas as áreas salinizadas. O problema surge e, naturalmente, é de maior importância econômica e social quando, em consequência da irrigação, um solo não-salino se torna salino. Tal fato se deve, em grande parte, ao volume e ao teor de sais da água usada na irrigação, aliados à falta ou deficiência de uma drenagem do solo (Pizarro, 1985).

De acordo com o mesmo autor, os fatores mais importantes que influenciam a salinização e alcalinização dos solos são: a aridez do clima, juntamente com as condições geomorfológicas, topográficas e hidrológicas; as propriedades físicas e químicas do solo; e as práticas usadas no manejo da água e dos solos irrigados.

As altas concentrações de sais solúveis e sódio trocável, observadas em solos de regiões com climas árido e semi-árido, são consequências das condições climáticas, topográficas e da natureza do material originário. Em áreas irrigadas, por causa das características físicas e químicas do solo, da qualidade da água e de práticas de manejo, além de outros fatores, pode-se induzir a um aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo e de sódio trocável, limitando, assim, a produtividade dos solos (Richards, 1954).

Os sais solúveis no solo consistem, em grande parte e em proporções variadas, de cátions de sódio, cálcio e magnésio e de ânions cloreto e sulfato e, em quantidades menores, de cátion potássio e de ânions bicarbonato, carbonato e nitrato (Cruciani, 1980; Daker, 1984).

Segundo Lima (1998), o monitoramento da salinidade do solo, na zona radicular, é essencial à sua avaliação e ao seu controle, particularmente quando as culturas estão se desenvolvendo sob condições de solo salino ou sendo irrigadas com água salina.

No Nordeste, conforme Goes (1978), embora seja usada água com baixo teor de sais na irrigação dos perímetros irrigados, têm sido verificadas áreas afetadas por sais, atingindo 25-30% da área em operação. No entanto, isto tem sido atribuído à falta de lixiviação e drenagem, associada à baixa eficiência do método de irrigação aplicado, resultando na elevação do lençol freático em tempo relativamente curto (Medeiros, 1992).

Usando água com condutividade elétrica de 0,25, 0,945, 1,670 e 2,45 dS m<sup>-1</sup> e fração de lixiviação de 7, 14 e 21% da água evapotranspirada pela cultura na avaliação do acúmulo

de sais, em vasos plantados com feijão, Borella (1986) constatou a ocorrência de aumento na salinidade residual do solo com o aumento da concentração da água de irrigação. Resultados semelhantes foram obtidos por Villa (1989).

Existem diversas maneiras para se avaliar a salinidade, ou sodicidade do solo, mas, para se aplicar e interpretar os dados de um solo em relação a outro, é necessário seguir um procedimento padrão. O uso do extrato da pasta de saturação é método padrão para avaliar, interpretar e comparar a salinidade dos solos, tanto em termos globais quanto relativamente aos íons individuais (Yavad, 1979; Robbins, 1990; Jurinak, 1990).

As análises de maior interesse para os solos com problemas de salinidade e, ou, sodicidade realizadas no extrato de saturação, incluem a determinação das concentrações dos cátions sódio, potássio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonato, bem como da condutividade elétrica do extrato de saturação, do pH e teor de umidade da pasta de saturação (Richards, 1954; Robbins, 1990; Slavich & Peterson, 1993). Outros parâmetros, como a razão de adsorção de sódio (RAS), a percentagem de sódio trocável (PST), e os sólidos dissolvidos totais, também podem ser obtidos a partir desses dados.

No contexto agrícola, um solo é considerado salino quando a condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) à temperatura de 25°C excede 4 dS m<sup>-1</sup>, e a percentagem de sódio trocável (PST) e o pH do solo são menores do que 15 e 8,5, respectivamente. Quando o pH é menor que 8,5 e PST e a CEes excedem os valores de 15 e 4 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, o solo é classificado como salino-sódico. Se a PST e o pH excedem os valores de 15 e 8,5, respectivamente, e a CEes é inferior a 4 dS m<sup>-1</sup>, o solo é classificado como sódico (Richards, 1954; Lauchli & Epstein, 1990; Ferreira, 1997).

A preparação da pasta de saturação do solo, requer uma razoável quantidade de solo, por amostra, que varia de 200 a 300 g de solo, seco ao ar passado na peneira de 2 mm, TFSA (Richards, 1954; Embrapa, 1997). A quantidade de solo usado na preparação da pasta é significativa, quando se considera o volume de solo usado em trabalhos desenvolvidos em lisímetros e vasos. Uma alternativa, que vem sendo usada com sucesso, é a estimativa da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada (CEes), a partir da condutividade elétrica de uma suspensão solo-água normalmente usada nas razões de 1:1, 1:2 e 1:5, que correspondem a CE<sub>1:1</sub>, CE<sub>1:2</sub> e CE<sub>1:5</sub>. A escolha da razão solo-água, vai depender da correlação existente entre os valores de condutividade elétrica, obtidos por meio da utilização do extrato proveniente da pasta e da condutividade elétrica estimada, usando-se o extrato da suspensão solo-água (Jurinak, 1990).

Chorom & Rengasamy (1997) utilizaram condutividade elétrica do extrato de uma suspensão solo-água, na razão 1:5,  $CE_{1:5}$ , para avaliar as propriedades químicas (CE, RAS, e pH) de um solo salino sódico tratado com vários corretivos.

Lima (1998), trabalhando com lisímetros de drenagem, utiliza a condutividade elétrica do extrato de uma suspensão solo-água, na razão 1:5, para estimar a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, através de regressão linear. Do mesmo modo, Moura (2000) com propósito de expressar todos os valores da salinidade do solo em termo de condutividade elétrica do extrato de saturação, correlaciona os valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo com a condutividade elétrica do extrato, na razão 1:5, usando 64 amostras do solo, submetidos a diferentes níveis de salinidades, através de regressão linear.

Usualmente, a maioria dos dados referentes à tolerância das culturas à salinidade, são expressos em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, CEes, que por sua vez, representa a salinidade média da zona radicular ativa (Maas & Hoffman, 1977; Bresler et al., 1982).

A remoção de sais da zona radicular, para manter a solução do solo a um nível de salinidade compatível com o sistema de cultivo, depende do estabelecimento e da manutenção de um balanço de sais na zona radicular, o que significa que, para manter uma agricultura em longo prazo, é necessário que a quantidade de sais retirada da área seja igual àquela que entra. Nesse contexto, a lixiviação dos sais é fator decisivo, e o mais importante, para evitar a salinização de uma área irrigada (Ferreira, 1997).

Segundo Molle & Cadier (1992) e Audry & Suassuna (1995), muitos insucessos verificados na agricultura irrigada, no Nordeste, podem estar associados à falta de critério na escolha de culturas adequadas às condições edafoclimáticas vigentes e à não-observação da época do ano em que a água de açudes e pequenos riachos tornam-se escassas e, simultaneamente, mais salinas.

## **CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS**

O presente trabalho foi desenvolvido conforme as etapas seguintes:

1. Ambiente protegido (estufa), cultivo da Salsa cultivar Graúda Portuguesa, relativo a dois cortes.
2. Ambiente de campo (estação lisimétrica), cultivo do Coentro cultivar Tabocas, relativo a dois ciclos fenológicos.

### **3.1 – Caracterização do hidratassolo**

O hidratassolo, polímero artificial à base de acrilato de sódio. Na forma comercial, possui umidade residual em torno de 10% e uma distribuição por tamanho de grânulos de acordo com as seguintes classes: menores que 1,0mm → 4,1%; de 1,0 a 2,0mm → 29,5%; de 2,0 a 4,0mm → 66,1%; e maiores que 4mm → 0,3%.

A presença de eletrólitos na água reduz a capacidade absorvente do acrilato de sódio. Isto ocorre porque o mecanismo de absorção dá-se por osmose. No entanto, não sofre ação microbiana, porém é degradado pela incidência direta dos raios ultravioletas do sol e por sucessivos fracionamentos dos cultivos, sendo assim decomposto em produtos inócuos tais como o dióxido de carbono, amônia e água.

### **3.2 – Considerações gerais do experimento em ambiente protegido**

Essa etapa de estudo objetivou adquirir conhecimento básico sobre a forma de utilização do polímero hidratassolo, e servir de suporte ao experimento de campo, principalmente no aspecto de definição de quantidade do produto a ser incorporado nas parcelas, considerando as doses estudadas que, por sua vez, se relacionam com o peso de solo seco e a altura da camada a ser considerada no preenchimento das unidades experimentais.

Inicialmente, considerou-se quantificar a massa do polímero, correspondente ao peso de solo seco, do volume total usado no preenchimento das parcelas. Assumiu-se também, fracionar as doses com incrementos iguais, até o valor máximo recomendado pelo fabricante, na concentração de 20 decigramas (dg) do polímero, por cada quilograma (kg) de solo seco.

Assim, o trabalho foi conduzido sob um galpão com cobertura plástica de 6 x 18 m, situado no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, no período de 10 de setembro a 21 de dezembro de 2005.

Os tratamentos foram dispostos num esquema de parcela subdividida no tempo, tendo nas parcelas o esquema fatorial 5 x 2 (cinco níveis de hidratassolo  $H_0, H_1, H_2, H_3, H_4$ ), correspondentes a 0; 5; 10; 15; e 20 dg.  $kg^{-1}$  de solo seco; e (dois níveis de frequência de irrigação  $F_1$  e  $F_2$ ), correspondentes a 2 e 4 dias, com reposição total do teor de umidade na capacidade de campo e, nas subparcelas, as épocas de observação ( $T_1$  e  $T_2$ ) correspondentes ao 51º e 83º dia do ciclo da cultura, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e regressão, e os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, adotando o nível de 10% de probabilidade e os coeficientes de determinação  $R^2$ .

Na confecção das unidades experimentais, utilizou-se 30 vasos plásticos em formato troncônico com 23 cm de altura; capacidade de 12 litros; diâmetro interno da borda superior de 26 cm; e massa do pote vazio 600 g.

O sistema de drenagem dos vasos foi realizado utilizando-se segmentos de 10 cm de comprimento de mangueira plástica de 20 mm de diâmetro, seccionadas em bixel numa das extremidades e pequenos cortes ao longo da geratriz, revestidas com manta de bidim para evitar a obstrução das aberturas. Para quantificar a água de drenagem em cada parcela, usaram-se garrafas PET de 2 litros, na avaliação do volume lixiviado, conforme a Figura 3.1.

O preenchimento dos vasos foi feito com solo destorroado e passado em peneira de dois milímetros, em seguida pesados e colocados nos potes em camadas correspondentes a 6 kg. A massa de hidratassolo, correspondente as concentrações estudadas, foram obtidas assumindo-se o peso total do solo seco usado nos vasos 14,40 kg, homogêneas manualmente em 6 kg de solo, numa pequena bacia plástica, e distribuídas nos vasos nas camadas de 5 a 13 cm, com relação à superfície do solo.

O solo usado no experimento foi coletado na Fazenda Ilha, na camada de 0 - 20 cm, situada no município de Santa Rita, Paraíba – PB. A classificação textural do solo: Areia Franca e as características físico-químicas estão de acordo com metodologia descrita pela EMBRAPA (1997), e os dados apresentados nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.



Figura 3.1 - Vista geral do experimento em ambiente protegido.

Após a primeira saturação do solo nas parcelas, observou-se no dia seguinte grande expansão volumétrica nas unidades que receberam as maiores doses de hidratassolo. Por isso, houve necessidade de se utilizar uma alça de alumínio com 7 cm de altura, fixada ao longo do perímetro da borda superior dos potes, em todas as unidades. No entanto, ocorreu esse imprevisto até mesmo se tomando precauções, anteriores, em se estabelecer uma folga de 5 cm da borda superior do pote ao nível da superfície do solo.

Tabela 2 – Características físicas do solo do experimento em ambiente protegido

Densidade		Pt	Granulometria			Ad	GF	Umidade na base de massa			AD	CHS
dg	dp		Ar	A	S			0,1atm	0,33atm	15atm		
g.cm <sup>3</sup>	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	cm.h <sup>-1</sup>		
1,70	2,70	37,04	86,6	11,4	2,0	6,9	39,4	6,65	----	3,25	3,4	26,85

dg=densidade global; dp=densidade das partículas; Pt=porosidade total; Ar=areia; A=argila; S=silte; Ad=argila dispersa em água; GF=grau de floculação; AD=água disponível; CHS=condutividade hidráulica saturada. Análises realizadas no Laboratório de Física do Solo do DEPA/UFRPE.

Tabela 3 – Características químicas do solo do experimento em ambiente protegido

pH	P	Na	K	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	C.O.	M.O.	
água – 1: 2,5	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----					-----g.kg <sup>-1</sup> -----			
5,2	6,61	0,07	0,06	1,65	1,10	0,25	3,95	1,08	1,87	

Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do DEPA/UFRPE.

C.O. – carbono orgânico; M.O. – matéria orgânica.

A cultura utilizada foi a salsa (*Petroselinum crispum* L.), cultivar: Graúda Portuguesa, por ser mais vigorosa chegando a atingir 40 cm de altura. A produção de mudas de Salsa foi conduzida em quatro bandejas de isopor com 200 células e substrato composto da mistura de tropstrato e pó de coco, com a mesma proporção. A sementeira foi mantida no local do experimento com aplicações periódicas de soluções nutritivas, a base de 15% de nitrogênio (N), 4% de enxofre (S), 0,01% de cálcio (Ca), 0,01% magnésio (Mg) e 0,05% cobre (Cu); em período de 19 dias após semeadura, ocorrida em 10 de setembro de 2005.

O transplante foi realizado em 29 de setembro com mudas de aproximadamente 4 cm de altura e 14 folhas por touceira, distribuídas nos vasos e nos vértices de um hexágono, com uma cova no ponto central, espaçadas de 10 cm, no total de 7 covas. Após 12 dias do transplante foi feito o desbaste deixando-se cada unidade com aproximadamente 35 plantas, ou cinco plantas por cova.

O fator frequência de irrigação foi introduzido em 19 de outubro (20º dia após transplante), assumindo-se no manejo de irrigação dois níveis da frequência de irrigação. O primeiro nível F<sub>1</sub> usou-se a frequência de dois dias, aplicação de lâminas de rega de 5,6 mm, correspondente a 300 mL e, no segundo nível F<sub>2</sub> usou-se a frequência de irrigação de 4 dias, aplicação de 11,20 mm (600 mL).

Conforme recomendação de Filgueira (1982), no primeiro corte da salsa em 19 de novembro (51º dia após transplante), e no segundo corte em 21 de dezembro (83º dia após transplante) cortou-se as plantas com uma tesoura, aproximadamente 2 cm da superfície do solo para que houvesse a rebrota.

Da salsa avaliou-se a altura de plantas (medida a partir do nível do solo até a extremidade das folhas mais altas, assumindo-se a média da amostra de 7 touceiras, expressa em cm); rendimento de massa verde da parte aérea (obtido utilizando-se o peso da massa fresca das plantas da área útil da parcela, de 0,0531 m<sup>2</sup>, expressa em t. ha<sup>-1</sup>); massa seca da parte aérea (determinada da mesma amostra anterior, o peso seco em estufa ventilada a 70°C até atingir peso constante, expressa em t. ha<sup>-1</sup>), referentes às duas colheitas.

### 3.3 – Experimento de campo

#### 3.3.1 – Caracterização do local

O presente trabalho foi conduzido na área experimental, construída no Departamento de Tecnologia Rural e localizada no “Campus” da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, cujas coordenadas geográficas no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8°01’05” de latitude sul e 34°56’48” de longitude oeste, e altitude de 6,486 m.

O clima, de acordo com a classificação de Koppen é As, Megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e com precipitações de outono e inverno. As médias anuais de umidade relativa do ar, de precipitação pluvial e temperatura são 76%, 1501 mm e 26°C, respectivamente (Brasil, 1992).

#### 3.3.2 – Área experimental

Os serviços essenciais de construção da área experimental abrangeram o período de três anos (dezembro de 2002 a dezembro de 2005), em parceria com empresas que doaram diversos materiais (conforme Apêndice A, B e C), a exemplo da **BRASILIT**; **GRUPO AMANCO**; **VEDACIT**; e a **DSF Engenharia & Irrigação**, usados na implantação das seguintes unidades operacionais (observadas na Figura 3.2).

1. Estação Lisimétrica;
2. Estação de Coleta do Material Lixiviado; e
3. Estação Meteorológica.

Adicionalmente, foram realizadas na área experimental outras unidades que auxiliaram na condução do experimento: Instalação de Sistema de Irrigação por Gotejamento; Estação de Bombeamento; Sistema de Drenagem Subterrânea, instalado na área dos lisímetros e ao redor da estação de coleta do material lixiviado; e Cobertura Removível dos Lisímetros, que serviu de proteção contra as chuvas.



Figura 3.2 - Vista geral do experimento de campo.

Após a locação da área do experimento, houve necessidade de se fazer desmatamento, destocamento e regularização do terreno com auxílio de uma máquina retroescavadeira. A área total planejada, 18 m x 40 m (720 m<sup>2</sup>), foi dividida em 25,80 m para implantação da estação lisimétrica e 14,20 m para estação meteorológica. Também, providenciou-se a cerca, com estacas de concreto armado e fios de arame farpado ao longo do perímetro total das estações, fixas numa base de alvenaria de tijolos de 8 furos.

A dimensão da estação lisimétrica compreendeu a bateria de 40 lisímetros e as bordaduras: 18,00 m de largura por 25,80 m de comprimento, totalizando 464,40 m<sup>2</sup> de área plantada. Toda a área de bordadura do experimento foi irrigada, mediante o uso de um sistema de irrigação por gotejamento, pressurizado por conjunto moto-bomba, e a captação de água num riacho perene situado a 80 m da área de plantio.

Os lisímetros foram posicionados à equidistância de 1,20 m, nas duas direções, e as caixas assentadas a 0,65 m de profundidade, ficando uma borda de 0,10 m acima da superfície do solo, para evitar a entrada de água de chuva ou irrigação, proveniente do escoamento superficial.

Para garantir o rebaixamento do lençol freático na área de plantio, e minimizar o empuxo vertical ascendente no fundo das caixas, instalou-se um sistema de drenagem

subterrânea com tubos de PVC Drenofort de 65 mm de diâmetro nominal, revestidos com bidim, assentados no sentido da menor dimensão da área, com 3% de declividade, em quatro valas de 20 m de comprimento por 1,10 m de profundidade média, espaçadas de 5,16 m.

Em cada uma dessas valas, após o recobrimento dos tubos de drenagem subterrânea, realizaram-se a instalação da rede composta de 10 tubos de PVC de 25 mm de diâmetro nominal, interligando-se a laje de fundo de 10 caixas até o ambiente interno da sala de coleta e medição do efluente, situada na estação de coleta do material lixiviado.

Ao lado da área de plantio foi construída uma estação meteorológica com dimensões de 18,00 m de largura por 14,20 m de comprimento, equipada com uma estação automática da Davis Instruments Inc. (Figura 3.3); pluviômetro Ville de Paris; pluviógrafo automático de báscula da Campbell Scientific; e tanque Classe “A”, para caracterização dos elementos meteorológicos do local.



Figura 3.3 – Estação meteorológica automática Davis Groweather.

O sistema da Davis inclui console digital para leitura, visualização e transmissão de dados para microcomputador; anemômetro; pluviômetro com esvaziamento automático; sensor digital para temperatura, umidade e pressão atmosférica; sensor de radiação solar; sensor de molhamento foliar; software WeatherLink 4 (WL) Data Logger Padrão de visualização, salvamento e exportação de dados, bem como geração de relatórios e gráficos; fonte; e kit de energia solar.

### 3.3.2.1 – Instalação dos lisímetros

Na área experimental foi construída uma bateria de 40 lisímetros de drenagem (uma matriz 8 x 5), constituída de caixas de Cimento Reforçado com Fio Sintético - CRFS (linha BRASIFLEX - BRASILIT), troncônicas, com capacidade de 1000 litros, diâmetro externo na borda superior 1380 mm e altura externa de 745 mm.

Antes do assentamento no campo, as caixas brasiflex foram abrigadas em um galpão onde receberam duas demãos de Neutrol da VEDACIT, com objetivo de melhorar a impermeabilização do material de fabricação e, assim, garantir maior estanqueidade do produto e, conseqüentemente, aumentar a eficiência na aplicação dos balanços hídricos, conforme recomendação do próprio fabricante (BRASILIT).

O sistema de drenagem de cada lisímetro correspondeu as seguintes etapas construtivas:

1. Um segmento de 3 m de tubo de polietileno de 20 mm de diâmetro, conectado numa peça Tê de polietileno, denominado de “bambolê”, colocado ao longo da circunferência no fundo da caixa. Os “bambolês” foram perfurados diametralmente formando uma cruz, com broca de 5 mm de diâmetro a cada 5 cm e revestidos com bidim, conforme a Figura 3.4;
2. Uma camada de brita zero de aproximadamente 5 cm de espessura;
3. Uma camada de areia lavada de aproximadamente 3 cm de espessura;
4. Uma tubulação de PVC soldável de 25 mm de diâmetro nominal, conectada no fundo da caixa até a sala de coleta e medição do efluente da estação de coleta do material lixiviado, conforme a Figura 3.5.



Figura 3.4 - Local de assentamento da caixa com o “bambolê” de drenagem interno.



Figura 3.5 - Tubulação de PVC soldável de 25 mm conectada no fundo da caixa.

### 3.3.2.2 – Cobertura dos lisímetros

Em cada linha de cinco lisímetros foi construída uma cobertura removível, no total de oito, objetivando proteger o experimento da interferência de chuvas, o que certamente iria dificultar a condução do experimento. As coberturas removíveis foram construídas com película plástica, de 4 m x 15 m, ancoradas com arame numa estrutura em arco composta de quatro segmentos de 4 m de tubo de PVC soldável de 25 mm de diâmetro nominal, eqüidistantes, apoiadas nas extremidades em pedaços de 50 cm de tubo de PVC roscável de 1" (32mm – diâmetro de referência), cravados no solo com largura de 1.60 m. As coberturas foram fechadas somente a noite e eventualmente durante o dia, em caso de ocorrência de chuva (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Cobertura removível fechada com suporte em arco de PVC.

### 3.3.2.3 – Preenchimento e incorporação de hidratassolo nos lisímetros

Em cada lisímetro, correspondente a testemunha, foram colocados cerca de 900 kg do material de solo homogeneizado, passado em peneira com malha de 4,0 mm, de forma a proporcionar um meio uniforme e homogêneo no interior do lisímetro, até a altura de 54,5 cm

medida com relação ao ponto central da circunferência, situado na superfície côncava no fundo da caixa.

Para se estabelecer a relação funcional entre a altura da camada no lisímetro e o peso do material de solo seco, colocou-se uma haste de alumínio em posição vertical no ponto central no fundo da caixa (leitura zero) e, em seguida, procedeu-se o enchimento em camadas de 100 kg. Após nivelamento da superfície, e marcação na haste das alturas correspondentes, tabularam-se os valores acumulados observados na curva de calibração da Figura 3.7.

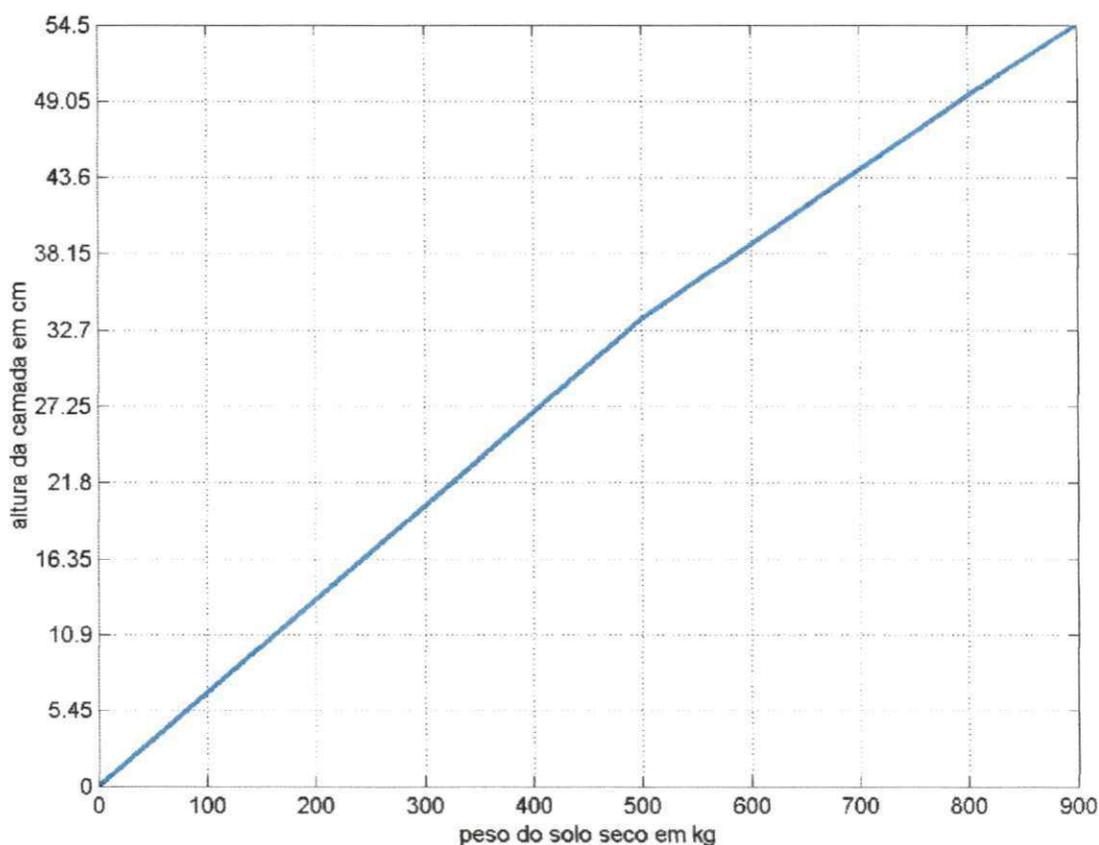


Figura 3.7 - Curva de calibração da altura da camada no lisímetro em função do peso de solo seco.

Considerando a expansão volumétrica do polímero, conforme experimento preliminar optou-se em obter a quantidade em peso de hidratassolo, a ser incorporada no lisímetro, com base em peso de 300 kg de solo seco, equivalente a camada de 16 cm estabelecida ao desenvolvimento da zona radicular da cultura.

Para garantir melhor uniformidade do perfil, quanto às propriedades físicas e químicas, o processo de preenchimento do material de solo foi padronizado com aplicações

seqüenciadas de 100 kg de solo seco, de forma a obter densidades semelhantes no perfil de todos os lisímetros.

Nas caixas que receberam as doses de hidratassolo iniciou-se o preenchimento com material de solo até atingir a quantidade de 500 kg, correspondente a altura da camada de 33,50 cm. Em seguida, as doses foram lançadas manualmente e distribuídas uniformemente sobre as superfícies de oito camadas de 2 cm do material de solo, até completar o total de 300 kg, correspondente a camada especificada da zona radicular.

Para finalizar o processo aplicou-se 100 kg do material de solo seco, relativo à última camada de 5,00 cm, necessária ao recobrimento da mistura objetivando-se afastar a possibilidade de ocorrência de afloramento do produto na superfície do solo, e a consequente biodegradação precoce. Desta forma, após nivelamento da superfície final do solo nos lisímetros foi caracterizada a folga de 10 cm, até a borda superior da caixa.

#### **3.3.2.4 – Umedecimento do solo**

De acordo com metodologia apresentada por Moura (2000), a acomodação do solo e a redistribuição das partículas ao longo do perfil do solo nos lisímetros foram obtidas pela saturação realizada com o fluxo ascendente.

Esse procedimento foi utilizado com a finalidade de expulsar os gases e obter um perfil semelhante ao observado em condições de campo.

A saturação foi realizada lentamente utilizando-se caixa de 500 litros, apoiada na laje da estação de coleta, instalada a 1,50 m de altura em relação às bordas dos lisímetros. A conexão entre a caixa e os lisímetros foi feita por mangueira de 25 mm de diâmetro, interligada nos tubos piezométricos, descritos no item 3.2.2.5 seguinte.

Na extremidade da mangueira foi instalado um dispositivo equipado com registro o qual permitiu alimentação lenta em cada lisímetro de drenagem.

#### **3.3.2.5 – Detalhes construtivos da estação de coleta do material lixiviado**

Essa unidade foi construída em alvenaria de tijolos de 6 furos, coberta com laje pré-moldada (nervuras de concreto armado e blocos cerâmicos) e vários combogós laterais, totalizando 61,60 m<sup>2</sup> de área coberta. Para minimizar os volumes de escavação, a estação foi

projetada na parte mais baixa do terreno, na equidistância das extremidades da base de maior dimensão da estação lisimétrica (25,80 m), situada a um metro da cerca lateral.

Também, para resistir a resultante das forças horizontais do empuxo do terreno, localizado a 1/3 da base, projetou-se a parede vertical de maior extensão e altura, 10,12 m x 2,45 m, respectivamente com três tijolos deitados (0,45 m) desde a sua base até a altura de 1m, coincidindo neste ponto com as cotas de entrada dos tubos de PVC de 25 mm, na sala de coleta e medição do efluente.

Em seguida, reduziu-se para dois tijolos deitados (0,30 m) até atingir a cota do terreno na parte externa, finalizando-se com um tijolo deitado (0,15) até a altura da laje. Ao longo desse processo construtivo, colocou-se o fio de prumo na face lateral interna dos tijolos deixando-se um dente de 0,15 m na face externa, para minimizar o esforço do momento de tombamento na alvenaria. As duas outras paredes, perpendiculares a de maior extensão foram erguidas com dois tijolos deitados (0,30 m), até a altura da laje, por resistirem a menor esforço de empuxo do terreno.

Adicionalmente, para minimizar o esforço do empuxo horizontal devido à formação de lençol freático ao longo do perímetro das áreas externas da estação, instalou-se um sistema de drenagem subterrânea com tubos de PVC Drenofort de 65 mm de diâmetro nominal, revestidos com bidim, denominado de cinturão periférico.

A planta baixa da estação, conforme a Figura (3.8) apresenta quatro ambientes: um pequeno terraço na entrada de 1,74 m x 1,16 m; uma sala de 11,84 m<sup>2</sup> com uma pia; um WC de 2,14 m x 1,42 m; e um ambiente mais interno denominado de sala de coleta e medição do efluente, em formato tipo “U” com 18,92 m<sup>2</sup> (conforme Figura 3.9).

Ao longo do perímetro interno da sala de coleta instalou-se, nas extremidades finais dos tubos de PVC de 25 mm de diâmetro, quarenta torneiras plásticas de ½” para controle e medição do efluente, espaçadas de aproximadamente 0,34 m nas unidades numeradas de 1 a 8 e de 33 a 40 (situadas nas paredes laterais), e 0,36 m nas unidades de 9 a 32 (situadas na parede mais extensa).

Considerando-se o princípio dos vasos comunicantes na avaliação da flutuação da profundidade do lençol freático, formado no interior dos lisímetros, instalou-se uma peça “Tê” antes das torneiras de ½”, para conectar um tubo piezométrico em posição vertical, fixo numa ripa de madeira de 1,50 m de altura, com escala métrica, confeccionado com mangueira plástica transparente de 20 mm de diâmetro.

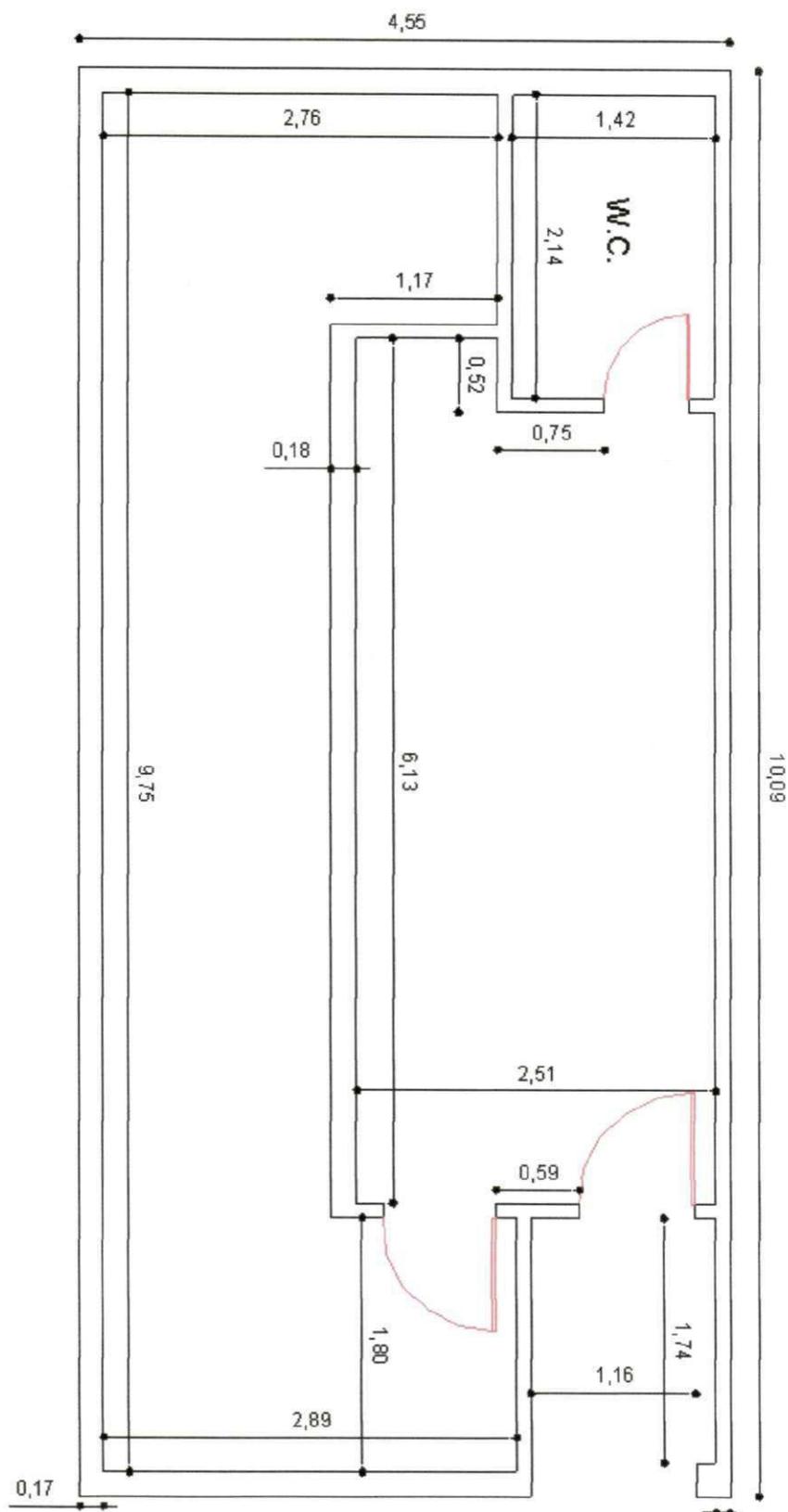


Figura 3.8 – Planta baixa da estação de coleta do material lixiviado.



Figura 3.9 – Sala de coleta e medição do efluente com as torneiras e os piezômetros.

### 3.3.3 – Material de solo

#### 3.3.3.1 – Características do local de coleta

O material de solo utilizado no presente trabalho foi coletado no lote 70 (área de renovação de cana-de-açúcar), nos primeiros 50 cm de profundidade, na Destilaria Tabu, situada no Estado da Paraíba-PB, distante 80 km de Recife e caracterizado por solos de Tabuleiros Costeiros. O material foi transportado em caminhões basculantes trucados, em três lotes com cargas de 16; 19 e 22 toneladas, totalizando 57 toneladas, quantidade suficiente para preenchimento dos lisímetros. Esse material, após ser entregue no local do experimento foi espalhado nas áreas vizinhas da estação lisimétrica, seco ao ar, homogeneizado, passado em peneira com malha de 4,0 mm fixada num portal de madeira de 1,00 m x 2,20 m. Antes do material de solo ser utilizado no preenchimento dos lisímetros, os lotes peneirados foram cobertos com plásticos para evitar o seu umedecimento.

#### 3.3.3.2 – Características físico-químicas do solo

Para caracterização física e química do solo (Tabelas 4 e 5), objetivando-se a avaliação da fertilidade foram retiradas quatro amostras do material de solo usado nos lisímetros, e do solo das áreas de bordadura. As amostras 1; 2; e 3 corresponderam aos lotes 1; 2; e 3 transportados da Destilaria Tabu, e a amostra 4 refere-se as áreas de bordadura na profundidade de 0 – 20 cm. Essas amostras foram avaliadas nos laboratórios de Física do Solo e de Fertilidade do Solo - UFRPE, utilizando-se metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Tabela 4 – Características físicas do solo do experimento de campo.

Amostras	Densidade		Pt	Granulometria			Ad	GF	Umidade na base de massa			AD	CHS
	dg	dp		Ar	A	S			0,1atm	0,33atm	15atm		
	g.cm <sup>-3</sup>		(%)	(%)			(%)	(%)	(%)			(%)	cm.h <sup>-1</sup>
1	1,69	2,6	35	91,4	3,60	5,0	3,6	0	4,98	---	1,51	3,4	10,21
2	1,62	2,5	35	91,4	3,60	5,0	3,6	0	6,84	---	2,61	4,2	9,31
3	1,65	2,6	37	90,4	3,60	6,0	3,6	0	7,36	---	1,91	5,4	20,00
4	1,23	2,5	51	73,4	15,6	11,0	11,1	29	17,32	---	6,51	11	64,03

dg=densidade global; dp=densidade das partículas; Pt=porosidade total; Ar=areia; A=argila; S=silte; Ad=argila dispersa em água; GF=grau de floculação; AD=água disponível; CHS=condutividade hidráulica saturada. Análises realizadas no Laboratório de Física do Solo do DEPA/UFRPE.

A classificação textural das amostras de solo foram as seguintes:

- Amostras 1; 2 e 3 – Areia; e
- Amostra 4 – Franco arenoso.

Tabela 5 – Características químicas do solo do experimento de campo.

Amostras	pH	P	Na	K	Ca+Mg	Ca	Al	H+Al	C.O.	M.O.
	água – 1: 2,5	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----				-----g.kg <sup>-1</sup> -----			
1	4,6	2	0,07	0,04	2,80	1,95	0,40	7,40	7,46	12,86
2	5,1	7	0,07	0,09	4,20	3,45	0,15	6,41	10,08	17,38
3	4,4	7	0,13	0,09	7,90	4,25	0,65	9,65	13,39	23,09
4	5,0	54	0,16	0,12	0,10	3,50	1,00	6,10	10,77	18,57

Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do DEPA/UFRPE.

C.O. – carbono orgânico; M.O. – matéria orgânica.

### 3.3.4 – Tratamentos e análises estatísticas

No cultivo do coentro, os tratamentos foram dispostos num esquema de parcela subdividida no tempo, tendo nas parcelas o esquema fatorial 5 x 2, cinco níveis de hidratassolo H<sub>0</sub>, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, e H<sub>4</sub>, assumindo-se as doses menores do que as usadas no experimento preliminar: 0; 4; 8; 12; e 16 dg. kg<sup>-1</sup> de solo seco, e as lâminas de irrigação em dois níveis L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub> (com base na evapotranspiração estimada pelo método do tanque Classe A), correspondentes a 0,6.ET<sub>o</sub> e 1,20.ET<sub>o</sub> (aplicadas com frequência de dois dias) e, nas subparcelas, as respectivas épocas de colheita (T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>) referentes aos estádios da cultura, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições.

As variáveis respostas avaliadas nos dois ciclos fenológicos da cultura foram: altura de plantas; número de plantas por parcela (estande final); rendimento de massa verde e massa seca da parte aérea da planta; e a eficiência do uso da água.

Os dados foram analisados no sistema computacional SAEG (2005) e interpretados por meio das significâncias das análises de variância e regressão, considerando-se o nível de probabilidade de 5% pelo teste F. No entanto, para estabelecer um modelo que representasse o fenômeno em estudo utilizou-se o teste “t” de Student para testar os coeficientes de regressão,

adotando o nível de probabilidade de 10% e os coeficientes de determinação  $R^2$ . A apresentação das equações de regressão e suas interpretações seguiram recomendação de Alvarez V. & Alvarez (2003).

### 3.3.5 – Captação e caracterização qualitativa da água de irrigação

A captação da água aplicada por irrigação foi procedente dos seguintes mananciais:

1. Um riacho perene localizado a 76 m da área experimental, usado na captação do sistema pressurizado de irrigação por gotejamento;
2. Um poço tubular profundo, fonte de captação da rede de distribuição por gravidade da UFRPE. Nesse sistema, derivou-se uma tubulação de PVC soldável DN 32 mm, com extensão de 135 m, que abastecia uma caixa de 250 litros, apoiada no terreno da estação lisimétrica para rega manual do coentro.

Assim, objetivou-se diagnosticar e analisar a água para fins de irrigação, utilizada nas áreas de bordadura da estação lisimétrica, nas unidades experimentais, e na área de plantio da estação meteorológica, sob os aspectos qualitativos de salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, essencialmente importantes na caracterização agrônômica das águas destinadas a irrigação.

Os resultados das análises foram obtidos no Laboratório de Química do Solo do DEPA-UFRPE, conforme metodologia (EMBRAPA, 1997; Tedesco et al. 1995), a partir de amostras coletadas em garrafas plásticas de 500 ml, nos respectivos pontos de captação e derivação nos mananciais especificados.

Nessas amostras, foram determinados os elementos químicos  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^-$ ,  $Cl^-$ ,  $CO_3^{--}$  e  $HCO_3^-$ , bem como o pH, a condutividade elétrica, a razão de adsorção de sódio (RAS) e o carbonato de sódio residual (CSR), na caracterização química da água de irrigação.

De acordo com os resultados das análises apresentadas na Tabela 6, a amostra 1 refere-se a água de irrigação usada na bordadura da estação lisimétrica e, também, na área de plantio da estação meteorológica, e a água de irrigação da amostra 2 foi usada nas unidades experimentais da estação lisimétrica, no cultivo do coentro.

Tabela 6 – Análise química da água usada na irrigação da bordadura e nas unidades experimentais, conforme as amostras 1 e 2, respectivamente.

Elementos	Unidade	Amostras	
		1	2
cálcio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,07	0,05
magnésio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,03	0,05
sódio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,20	0,22
potássio	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	0,04	0,06
Sulfato	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	nd	nd
Cloreto	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	2,50	2,00
Carbonato	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	ausente	ausente
Bicarbonato	mmol <sub>c</sub> .L <sup>-1</sup>	2,00	1,00
pH		6,1	5,3
CE	dS.m <sup>-1</sup> a 25 °C	61,80. 10 <sup>-3</sup>	72,40. 10 <sup>-3</sup>
RAS		0,89	0,98
CSR		1,9	0,9

Classificação para Irrigação: Amostras 1 e 2: C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> (U.S. Salinity Laboratory Staff – USDA).  
Análises realizadas no Laboratório de Química do Solo do DEPA/UFRPE.

### 3.3.6 – Sobre o sistema de irrigação por gotejamento

O sistema de irrigação por gotejamento foi projetado para irrigar as áreas de bordadura da estação lisimétrica e, também, a área de plantio da estação meteorológica, objetivando manter o solo sempre úmido e as plantas em pleno desenvolvimento, a fim de minimizar a interferência do efeito-oásis no local do experimento.

Desta forma, o sistema de irrigação foi instalado com as seguintes unidades operacionais:

#### 1. Estação de bombeamento:

- Composta de uma estrutura coberta, com base quadrada de 2m x 2 m, em alvenaria de tijolos de 6 furos que abrigava um conjunto moto-bomba de 2 cv. Na boca de sucção da bomba, de 32 mm roscável, conectou-se uma tubulação de PVC soldável de 50 mm, utilizando-se uma peça de redução de 50 x 32 mm (LR). Na outra extremidade, uma válvula de pé e crivo submersos num poço de sucção, construído com tubo de concreto de 400 mm cravado no solo, no sentido vertical, e outro tubo de esgoto de 150 mm instalado na horizontal, interligando a lateral do poço ao fundo do riacho perene.

## 2. Filtros:

- Logo após a saída de recalque da bomba de 32 mm, instalou-se um par de filtros de discos em paralelo de 32 mm e, em seguida, uma peça de ampliação de 32 mm x 50 mm e uma curva longa de 90° em PVC soldável, conectada no trecho vertical do início da adutora de recalque.

## 3. Adutora de recalque:

- Projetada com tubos Irrifort de PVC soldável PN 40 DN 50 mm, assentados em vala com profundidade de 30 cm e 76 m de extensão (trecho principal, até o primeiro hidrante), em seguida, reduziu-se para DN 40 mm com tubos Agropecuários PN 60, com extensão total de 84 m (trecho secundário - alimentação de três hidrantes na superfície do terreno).

## 4. Linhas de derivação e de distribuição de água (ramais):

- A linha de derivação foi instalada na superfície do terreno, com alimentação intermediária, na estação lisimétrica e na estação agroclimatológica, com tubos Agropecuários PN 60 DN 40 com extensão de 24,50 m e 14,00 m, respectivamente, alimentadas com registro de esfera em PVC soldável de 40 mm. Os ramais foram conectados nas linhas de derivação, com espaçamento de 0,50 m e 18,00 m de extensão, usando-se fita gotejadora aqua-traxx, 8 mil, com gotejadores espaçados de 0,20 m.

### 3.3.7 – Aspectos gerais da cultura do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum* L), cultivar Tabocas, foi plantado a partir de sementes produzidas pela HORTIVALE, levando-se em consideração a importância social e econômica, e condições ambientais, em especial na Região Nordeste.

Segundo informações da empresa ISLA ([www.isla.com.br](http://www.isla.com.br)), o coentro pode ser cultivado durante todo o ano. Os canteiros devem ser levantados a 15 cm de altura, adubando-se a terra com 300 g de adubo NPK ou 1,5 kg de esterco bem curtido para cada 10 metros quadrados de canteiro. Deve-se plantar direto, deixando 30 cm entre linhas a uma profundidade de 1 cm. Cobrir com solo leve ou serragem fina. Irrigar pelo menos uma vez por dia, de preferência no início da manhã ou no fim da tarde. A germinação acontece entre 4 e 7 dias.

Quando as plantas atingirem 10 cm, desbastar arrancando as mais fracas, deixando 10 cm entre plantas. A colheita ocorre quando a planta atinge 40 cm de altura, entre 35 e 70 dias após o plantio. A planta pode ser arrancada com raiz ou então se proceder a um corte, deixando crescer novamente para cortes sucessivos. Para colher a semente do coentro, tem de esperar um pouco mais, cerca de 120 dias. Nesse período, se não houver corte, a planta emite pendão, produz flor e o fruto.

### **3.3.8 – Instalação e condução do experimento**

#### **Primeira época de plantio da cultura do coentro:**

A semeadura foi realizada diretamente nos lisímetros, no dia 06 de fevereiro de 2006. Antes de realizar o plantio, as sementes foram fracionadas com um rolo de madeira visando aumento na velocidade de germinação sem, contudo alterar a germinação total, de acordo com Pereira et al. (2005).

Conforme Filgueira (1982), a utilização de “sementes partidas” (aquênios) tem sido citada na literatura visando o aumento da porcentagem de germinação. Desta forma, utilizou-se em média 8 “sementes partidas” por cova, no total de 40 covas por lisímetro. As covas foram distribuídas formando quatro fileiras centrais, com oito touceiras cada uma e duas fileiras mais externas com quatro covas, no espaçamento de 15 cm entre plantas na linha e 23 cm entre linha.

Nas áreas de bordadura realizou-se a semeadura no dia 11 e 12 de fevereiro e as touceiras espaçadas 15 cm x 30 cm entre linha, no sistema de sulcos (leiras), com declive de 3% no sentido transversal da área.

A fim de minimizar o efeito-oásis foram semeadas, no dia 09 de fevereiro, sementes da mesma cultivar na área entre os lisímetros, como também numa faixa de 1,20 m contornando a área onde estão instalados os lisímetros, perfazendo uma área total de bordadura de aproximadamente 320,80 m<sup>2</sup>, conforme a vista parcial das áreas de bordadura (Figura 3.10).

Com objetivo de se fazer reposição das touceiras nos lisímetros, no dia 07 de fevereiro semeou-se em quatro bandejas de isopor de 200 células, com substrato na mesma proporção de tropstrato e pó de coco, com 8 sementes por cova regando-se duas vezes ao dia.



Figura 3.10 – Vista parcial das áreas de bordadura.

Uma semana após a germinação das plântulas, ocorrida em 11 de fevereiro, houve necessidade de substituir algumas touceiras nos lisímetros e, após 15 dias, foi feito o desbaste quando as plantas atingiram aproximadamente 10 cm de altura, cortando-se as mais fracas e deixando-se cada unidade com aproximadamente 360 plantas, ou 9 plantas por cova, com objetivo de manter o estande de plantas mais uniforme.

A adubação de plantio foi feita aplicando-se, em cada lisímetro de 1,41 m<sup>2</sup>, 195g da fórmula (4-14-8) granulada e 1,50 kg de húmus, distribuídos uniformemente e misturados nos 5 cm de solo, deixando-se em seguida a superfície plana. Entre o 21º e o 45º dias após o plantio, foram feitas uma adubação de cobertura de 8 em 8 dias com uréia, com 10 g por lisímetro diluídas em 2 litros de água, aplicadas com regador de mão antes da irrigação; e três pulverizações com o produto fertilizante verde foliar da Vitaplan, com 15% de N, diluindo-se 5 ml em 20 litros, aplicados em todos os lisímetros.

Do plantio até o dia 24 de fevereiro, período considerado ao estabelecimento do estande (18º dia), os lisímetros foram irrigados duas vezes por dia, pela manhã: as 8:00 h e ao final da tarde: as 16:30 h, aplicando-se em cada rega uma lâmina de 5,00 mm, correspondente a 7 litros, repondo-se aproximadamente 100% da evaporação diária no tanque classe A.

No dia 25 de fevereiro iniciou-se a primeira saturação do solo nos lisímetros e, também, a contagem do tempo no controle dos balanços hídricos, aplicando-se em média 4 regadores de 14 litros por parcela, equivalente a lâmina de 40 mm. Antes de iniciar o processo de saturação, anotava-se as leituras dos piezômetros no início da manhã, na sala de coleta e medição do efluente.

Em seguida, conforme observação da ascensão e equilíbrio do nível dos meniscos nos piezômetros, devido à redistribuição da água no perfil do solo, foi estabelecido o processo de drenagem do material lixiviado mantendo-se as torneiras abertas até o dia seguinte, assumindo-se o solo próximo da capacidade de campo.

Os balanços hídricos foram efetuados nos dias 07; 15 e 23 de março, utilizando-se o mesmo procedimento na saturação do solo e a medição do volume total de água aplicado no período, e o volume total drenado no dia do fechamento do balanço. Os volumes parciais de entrada e de saída foram contabilizados num balde de 20 litros, tarado de litro em litro e, as frações de litro, medidas num becker com graduação de até 1000 ml.

A introdução e controle do tratamento lâmina de irrigação, em dois níveis  $L_1$  e  $L_2$ , ocorreu a partir da primeira saturação do solo nos lisímetros. Por sua vez, a frequência de irrigação de dois dias foi estabelecida com base na observação visual das plantas, no aspecto de turgidez, ou murcha provisória, considerando esse período como frequência limite de déficit hídrico na planta sem, contudo comprometer o desenvolvimento vegetativo.

Com base na frequência de rega de dois dias, as irrigações foram realizadas manualmente aplicando-se a lâmina  $L_1$  em vinte lisímetros, identificados com plaquetas numéricas em cor verde e, em seguida, a aplicação da lâmina  $L_2$  nos outros vinte finais, identificados com plaquetas em cor vermelha, conforme a distribuição aleatória dos tratamentos na matriz numérica das unidades experimentais.

Os volumes de água aplicados nos lisímetros, equivalentes aos níveis do fator lâmina de irrigação estudados, foram calculados com base na evapotranspiração de referência  $E_{To}$ , estimada pela evaporação do tanque classe A, obtida diariamente na estação meteorológica assumindo-se o valor constante de 0,70 para o coeficiente do tanque ( $K_p$ ), e a área efetiva de rega  $1,41 \text{ m}^2$  referente a superfície do solo nos lisímetros.

O controle de ervas daninhas nos lisímetros e nas áreas de bordadura foi feito mediante capinas manuais, durante o ciclo da cultura. No mesmo período, com relação a pragas e doenças não foi constatado a incidência de inseto, no entanto observou-se a variação de cor nas folhas de algumas touceiras chegando a atingir o ponto de murcha permanente, ocorrido nas últimas semanas até o dia 24 de março (colheita do experimento).

### **Segunda época de plantio da cultura do coentro:**

Nessa fase, a condução do experimento seguiu a metodologia descrita no primeiro ciclo fenológico do coentro nos aspectos de plantio, ocorrido em 29 de março, adubação de plantio, controle nutricional, e no manejo de irrigação correspondente a aplicação dos níveis de lâminas de rega estudadas. Com relação à adubação de cobertura utilizou-se a mesma dosagem de uréia da primeira fase, assumindo-se seis aplicações realizadas nas datas de fechamento dos balanços hídricos.

No entanto, até o desbaste da cultura e o período considerado ao estabelecimento do estande, 27 dias após semeadura, decidiu-se realizar três balanços hídricos ocorridos nas datas 9, 17 e 25 de abril aplicando-se 10,64 mm (15 litros), fracionados em três regas diárias. Em seguida, nos dias 3, 11 e 19 de maio realizaram-se os três últimos balanços hídricos considerando-se a variação de lâminas  $L_1$  e  $L_2$ .

Nos primeiros 21 dias após a semeadura observou-se menor desenvolvimento vegetativo do coentro, em relação ao mesmo período do ciclo anterior. No entanto, após o período considerado ao estabelecimento do estande até a colheita, ocorrida 52 dias após semeadura, verificou-se melhor uniformidade e desenvolvimento das plantas em todos os tratamentos.

Da mesma forma, também se realizou o controle de ervas daninhas nos lisímetros e nas áreas externas de bordadura, durante o ciclo da cultura. Nesse período, não foi constatado a incidência de inseto, e nem a ocorrência de pragas e doenças de folhagens.

### **3.3.9 – Parâmetros avaliados**

#### **3.3.9.1 – Determinação da evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>c</sub>)**

A determinação da evapotranspiração máxima da cultura foi realizada por meio do balanço de água nos lisímetros. Considerando o fluxo de água apenas no sentido vertical e a variação no armazenamento de água da planta desprezível, o balanço hídrico foi estimado conforme Aboukhaled et al. (1982) e Bernardo (1995):

$$P + I - ET - D = \Delta U \quad (3)$$

em que:

P = precipitação pluvial, mm;

I = lâmina de água aplicada ao sistema, mm;

ET = evapotranspiração, mm;

D = percolação, mm; e

$\Delta U$  = variação no conteúdo de água no solo, mm.

Como o balanço de água é determinado entre duas ocorrências consecutivas de drenagem, a variação da umidade no solo tornar-se-á desprezível porque, depois de cessada a drenagem, o conteúdo de água no solo contido no lisímetro volta à capacidade de campo, sendo que a ET considerada será a média dos valores ocorridos nos intervalos de tempo entre as drenagens (Aboukhaled et al., 1982). Dessa forma, a equação 3 reduz-se a:

$$ET = P + I - D \quad (4)$$

Como não houve penetração de água de chuva nos lisímetros, durante a condução do experimento a equação 4 reduz-se a:

$$ET = I - D \quad (5)$$

Como o movimento da água no solo é lento, para obter-se maior precisão nas determinações da ET, foram efetuados na primeira época da cultura três balanços após o plantio: o primeiro, teve início no 20º dia e foi encerrado no 29º dia (10 dias); o segundo, teve início no 30º dia e foi encerrado no 37º dia (8 dias); o terceiro e último, teve início no 38º dia e foi encerrado no 45º dia (8 dias).

Na segunda época da cultura realizaram-se seis balanços, com duração de 8 dias: o primeiro, teve início no 4º dia e foi encerrado no 11º dia; o segundo, teve início no 12º dia e foi encerrado no 19º dia; o terceiro, teve início no 20º dia e foi encerrado no 27º dia; o quarto, teve início no 28º dia e foi encerrado no 35º dia; o quinto, teve início no 36º dia e foi encerrado no 43º dia; o sexto e último, teve início no 44º dia e foi encerrado no 51º dia.

### 3.3.9.2 – Determinação da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), foi estimada pelo método do tanque de evaporação segundo Doorenbos & Kassam (1994).

Para a estimativa da ET<sub>o</sub>, utilizou-se os dados do tanque de evaporação do tipo U.S.W.B. “Classe A”, adequadamente instalado na estação meteorológica ao lado da área de plantio. As leituras de evaporação foram feitas diariamente, às 9:00 horas, medindo-se o nível de água no interior do poço tranquilizador com o micrômetro de gancho, que permite leituras com precisão de 0,01 mm. Os valores de evaporação diárias foram calculadas pela diferença entre duas leituras consecutivas descontando-se as possíveis precipitações (Sediyama, 1987).

A evapotranspiração de referência ET<sub>o</sub> foi obtida usando-se a expressão:

$$ET_o = K_p \cdot ECA \quad (6)$$

em que:

ET<sub>o</sub> = evapotranspiração de referência, mm.dia<sup>-1</sup>;

K<sub>p</sub> = coeficiente do tanque, adimensional; e

ECA = evaporação medida no tanque Classe A, mm.dia<sup>-1</sup>.

### 3.3.9.3 – Determinação do coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>)

O coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>) para as condições experimentais foi determinado pela relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ET<sub>c</sub>), obtida através dos respectivos lisímetros, e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), obtida através do método do tanque Classe "A", usando-se a seguinte expressão.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (7)$$

O valor de K<sub>c</sub> varia com a cultura, com seu estágio de desenvolvimento e, até certo ponto, com a velocidade do vento e a umidade relativa do ar. Para a maioria das culturas, o valor de K<sub>c</sub> aumenta a partir de um pequeno valor no momento da emergência até um valor

máximo durante o período em que é alcançado o pleno desenvolvimento e diminui à medida que amadurece (Doorenbos & Kassam, 1994).

#### 3.3.9.4 - Determinação das variáveis respostas do experimento na ocasião da colheita

A metodologia descrita a seguir, para determinação das variáveis respostas do experimento na ocasião da colheita, foi utilizada nas duas épocas de plantio da cultura do coentro. Na primeira e segunda época, as colheitas foram realizadas manualmente em 24 de fevereiro (46° dia após a sementeira), e 20 de maio (52° dia após a sementeira) respectivamente, quando teve início a passagem da fase de crescimento vegetativo para a fase reprodutiva, caracterizada pelo alongamento do caule.

Desta forma, cada lisímetro tinha seis fileiras de plantas, sendo as quatro linhas centrais compostas de oito touceiras e as duas mais externas com quatro covas, devendo-se ressaltar que a bordadura era formada por 24 covas próximas da borda da caixa. As 16 covas restantes formadas por um retângulo central de 0,60 m x 0,92 m, caracterizou a área da parcela útil do lisímetro de 0,552 m<sup>2</sup> (Figura 3.11).



Figura 3.11 - Parcela útil do lisímetro após a colheita das touceiras da bordadura.

Inicialmente, foram colhidas e retiradas do local do experimento as touceiras da bordadura de cada lisímetro. Assim, avaliou-se a altura de plantas na parcela útil a partir do nível do solo até a extremidade das folhas mais altas, expressa em centímetros, levando-se em conta à média da amostra representada por 16 covas.

Após a avaliação da altura de plantas, teve início à colheita na parcela útil dos lisímetros colocando-se as amostras em sacos de papel devidamente identificados e, em seguida, conduzidos para bancada, onde, individualmente, cortaram-se as raízes de cada touceira para contabilizar o número de plantas por parcela (estande final).

Para caracterizar o crescimento vegetativo e a produtividade da cultura avaliou-se o rendimento de massa verde da parte aérea das plantas, obtido utilizando-se o peso da massa fresca das plantas da área útil da parcela, expresso em  $t \cdot ha^{-1}$ .

Também, como componente de produção determinou-se o rendimento de matéria seca da parte aérea das plantas, o peso seco das amostras foi avaliado em estufa ventilada a  $70^{\circ}C$ , até atingir peso constante, expressa em  $t \cdot ha^{-1}$ .

Adicionalmente, para caracterizar o uso de hidratassolo como uma alternativa tecnológica que vem surgindo, buscando viabilizar a produção de uma maneira sustentável avaliou-se a eficiência do uso da água, definida pela relação entre o rendimento de massa verde em  $t \cdot ha^{-1}$  e a quantidade de água consumida pela cultura na parcela em  $m^3 \cdot ha^{-1}$ , expressa em  $t \cdot m^{-3}$  (ou  $kg \cdot m^{-3}$ ).

No entanto, para representar a quantidade de água consumida pela cultura, em cada parcela e época de plantio, utilizaram-se a média ponderada dos volumes por unidade de área evapotranspirado obtidos em cada balanço hídrico, através da seguinte expressão:

$$\bar{V}_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ijk} \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (8)$$

em que:

$\bar{V}_{jk}$  = volume médio por unidade de área evapotranspirado pela cultura, representativo do período de aplicação dos balanços hídricos no  $j$ -ésimo tratamento, na  $k$ -ésima repetição,  $L \cdot m^{-2}$ ;

$V_{ijk}$  = volume por unidade de área evapotranspirado pela cultura no  $i$ -ésimo balanço hídrico do  $j$ -ésimo tratamento, na  $k$ -ésima repetição, L. m<sup>-2</sup>;

$N_i$  = número de dias correspondente ao fechamento do  $i$ -ésimo balanço hídrico; e

$n$  = número de balanços hídricos aplicados no período experimental.

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 - Experimento em ambiente protegido**

#### **4.1.1 - Efeito dos tratamentos nas características vegetativas da salsa**

As características vegetativas da cultura da salsa foram representadas pela altura de plantas na parcela útil (APU); rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, correspondentes às respectivas observações sucessivas ( $T_1$  e  $T_2$ ) realizadas no 51° e 83° dia do transplante da cultura.

O resumo das análises de variância apresentado na Tabela 7 mostra que as características altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) sofreram o efeito isolado do fator doses de hidratassolo (H), medido nos níveis do fator frequência de irrigação (F), com os respectivos níveis de significâncias de 0,1%, 5% e 5% de valores relativos de probabilidades convencionalmente indicados por Alvarez V. & Alvarez (2003). No entanto, observa-se que apenas a altura de plantas sofreu o efeito dos tratamentos ao longo do tempo, em nível de 1% de probabilidade.

Com relação às interações, observa-se que todas foram não significativas até 5% de probabilidade, com exceção apenas para a interação (H x T) que teve efeito significativo sobre as características (APU) e (RMS), com os respectivos níveis de significâncias de 1% e 5% de probabilidades.

Assim, o fator doses de hidratassolo exerceu maior influência nas características avaliadas da cultura ao longo do tempo, principalmente na altura de plantas, provavelmente relacionado com a fase de maior necessidade de água do cultivo e maior desenvolvimento radicular, tendo em vista que o polímero foi incorporado nas parcelas nas camadas de 5 a 13 cm de profundidades, com relação à superfície do solo.

Com relação aos coeficientes de variação, a Tabela 7 mostra que houve maior variabilidade nos dados observados para as características rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS), em relação à altura de plantas (APU). Esta variação foi observada na

ocasião da segunda colheita de folhas verdes de salsa, devido à perda de produtividade em algumas parcelas, provavelmente influenciada por alguma variável oculta relacionada com problema fitossanitário das plantas. Nessa época, as plantas apresentaram características de doenças de folhagens, e considerável redução no estande final (Figura 4.1). Desta forma, ressalta-se que não houve o descarte de parcelas consideradas fora do padrão global das demais observações, na avaliação das variáveis respostas do experimento.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, em função de doses de hidratassolo (H), a frequência de irrigação (F) e a época de observação (T)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios		
		APU	RMV	RMS
H (dg.kg <sup>-1</sup> )	4	31,46 <sup>***</sup>	33,81 <sup>*</sup>	1,65 <sup>*</sup>
F (dia)	1	11,27 <sup>NS</sup>	3,45 <sup>NS</sup>	0,24 <sup>NS</sup>
H x F	4	2,39 <sup>NS</sup>	6,30 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>
Resíduo (a)	20	3,93	10,56	0,44
T	1	19,27 <sup>**</sup>	23,50 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>
F x T	1	5,40 <sup>NS</sup>	0,0040 <sup>NS</sup>	0,028 <sup>NS</sup>
H x T	4	9,89 <sup>**</sup>	19,34 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>*</sup>
F x H x T	4	1,03 <sup>NS</sup>	6,43 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	20	2,13	7,67	0,29
CV (a) %		13,99	32,78	32,56
CV (b) %		10,31	27,94	26,62

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\*; \*\* e \*\*\* Significativos a 5%; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Por sua vez, as equações de regressão ajustadas que expressam a influência significativa da variação de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da frequência de irrigação (F) ao longo do tempo, sobre a variação das características avaliadas (APU), (RMV) e (RMS), e os respectivos coeficientes de determinação são apresentados na Tabela 8. Observa-se que houve melhor representação do fenômeno em estudo nas equações relacionadas com a segunda época de observação (T<sub>2</sub>), tendo em vista a indicação dos respectivos níveis de significâncias de 0,1% de probabilidades dos coeficientes de regressão, considerados muito altamente significativos, conforme (Alvarez V. & Alvarez, 2003).

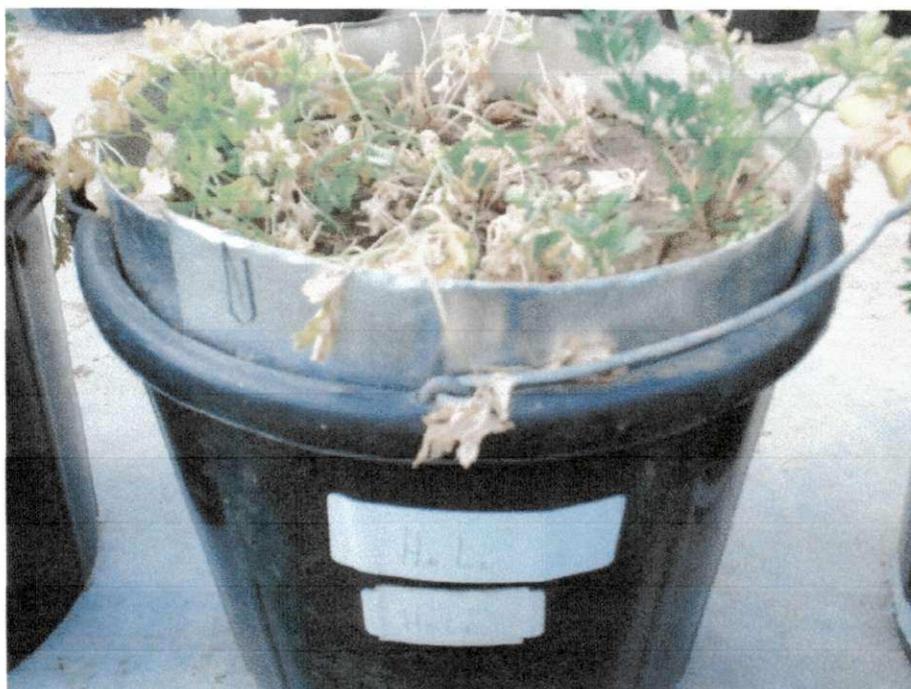


Figura 4.1 - Vista de uma parcela com sintoma de doença no ambiente coberto na ocasião da segunda colheita da salsa, no 83º dia do transplante.

Tabela 8 - Equações de regressão ajustadas aos dados médios de altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da frequência de irrigação (F), e a época de observação (T), com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Variáveis	Equações de Regressão Ajustadas	$R^2$
APU ( $T_1$ )	$\hat{Y} = 13,6667 + 0,3066^* x - 0,01333^* x^2$	0,8889
APU ( $T_2$ )	$\hat{Y} = 9,9809 + 1,0976^{***} x - 0,04904^{***} x^2$	0,9639
RMS ( $T_2$ )	$\hat{Y} = 0,9959 + 0,2468^{***} x - 0,01031^{***} x^2$	0,7808
RMV ( $T_2$ )	$\hat{Y} = 4,8708 + 1,1572^{***} x - 0,04770^{***} x^2$	0,8724

\* e \*\*\* Significativos, a 5% e 0,1% de probabilidade, pelo teste t

A Figura 4.2 (a, b, c, d) apresenta a variação dos dados médios observados das características avaliadas (APU) (em cm), (RMV) e (RMS) (em t.ha<sup>-1</sup>), e os dados estimados obtidos com as respectivas equações de regressão (Tabela 8), em função da variação de doses crescentes de hidratassolo (em dg.kg<sup>-1</sup>), medido nos níveis da frequência de irrigação ao longo do tempo.

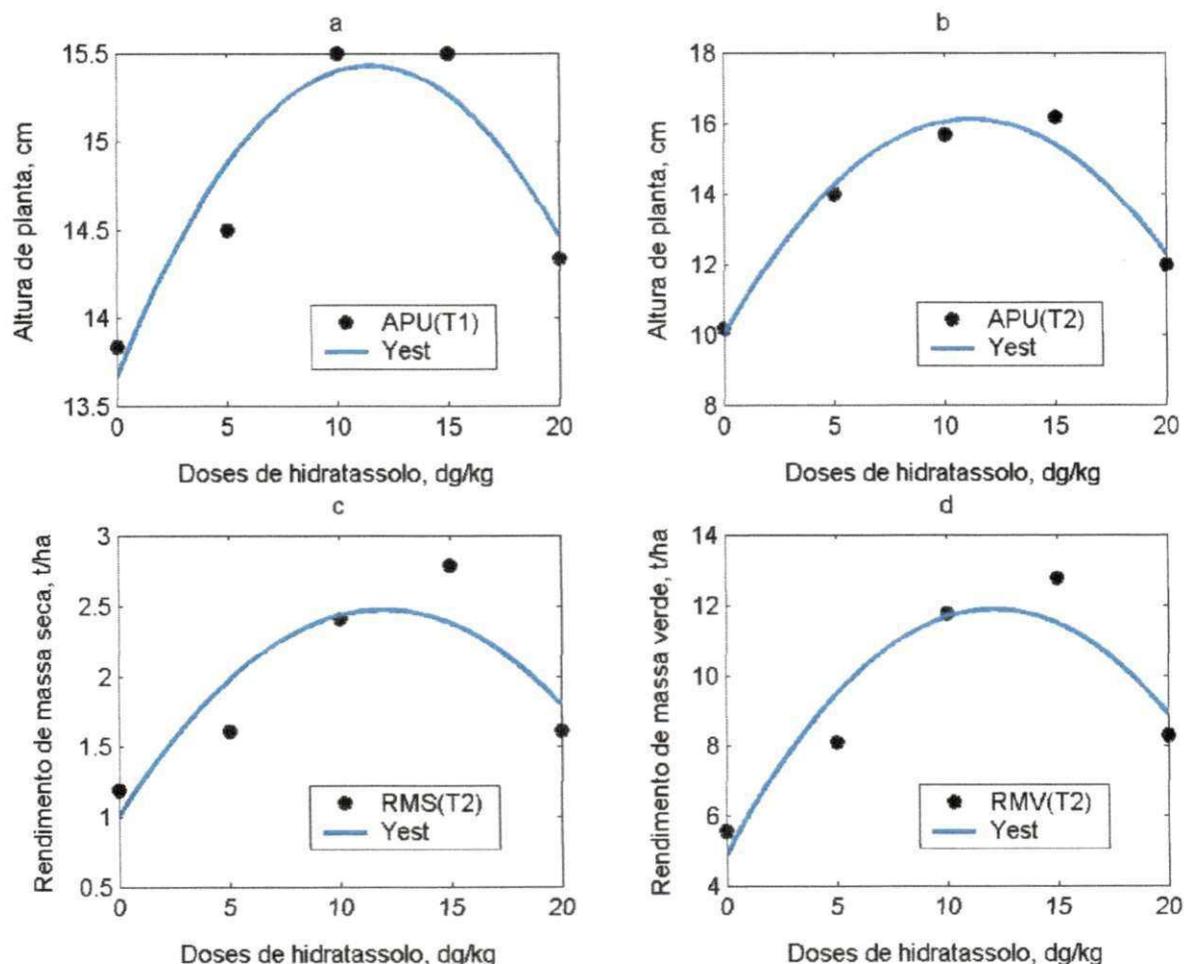


Figura 4.2 - Altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da frequência de irrigação (F), e a época de observação (T)

Com relação aos modelos de regressão, as médias para a altura de plantas em função das doses de hidratassolo, medido nos níveis da frequência de irrigação ao longo do tempo ajustaram-se respectivamente a modelos quadráticos de regressão, onde pela derivação das equações (Tabela 8) calcularam-se as doses de 11,50 dg. kg<sup>-1</sup> e 11,19 dg. kg<sup>-1</sup> como aquelas responsáveis pelas respectivas alturas máximas das plantas (15,43 cm) e (16,12 cm), correspondentes a primeira e segunda época de colheita.

A exemplo do ocorrido para altura de plantas, as médias dos rendimentos de massa verde e massa seca na salsa também se ajustaram a modelos quadráticos de regressão, calculando-se as respectivas doses de 12,13 dg. kg<sup>-1</sup> e 11,97 dg. kg<sup>-1</sup> como as responsáveis pelos rendimentos máximos estimados de massa verde de 11,89 t. ha<sup>-1</sup> e rendimento de massa seca de 2,47 t. ha<sup>-1</sup>.

Adicionalmente, com relação aos dados estimados pelos modelos de regressão observa-se que as doses de máxima eficiência das alturas de plantas proporcionaram os respectivos incrementos de 12,96% e 61,52% em relação aos dados estimados com as doses testemunhas de 13,66 cm e 9,98 cm, correspondentes a primeira e segunda época de colheita.

Enquanto, dessa forma, para os rendimentos de massa verde e massa seca determinaram-se os respectivos incrementos de 144,14% e 148,02% em relação aos dados estimados com as doses testemunhas de 4,87 t. ha<sup>-1</sup> e 0,996 t. ha<sup>-1</sup>, correspondentes à segunda época de colheita. Portanto, os valores elevados das respectivas porcentagens desses incrementos também evidenciaram a diminuição de produtividade nas parcelas testemunhas que sofreram a influência de variável oculta e não controlada, na segunda época de colheita.

## **4.2 - Experimento de campo realizado no cultivo do coentro**

### **4.2.1 – Efeito dos tratamentos no volume de água consumido pela cultura**

Na avaliação dos efeitos dos tratamentos no consumo de água do cultivo do coentro utilizaram-se os volumes de água (em litros) representativos dos períodos dos balanços hídricos, correspondentes as épocas de observação em cada ciclo fenológico.

Assim, caracterizou-se o volume de água consumido pela cultura na primeira época de plantio (VAC1); o volume de água consumido pela cultura na segunda época de plantio, correspondente aos três primeiros balanços hídricos (VAC21); e o volume correspondente aos três últimos balanços hídricos (VAC22).

As Tabelas 9, 10 e 11, apresentam os valores médios dos volumes de água consumidos pela cultura para os tratamentos nos períodos correspondentes aos balanços hídricos (BH), e as épocas de plantio (T).

Tabela 9 - Valores médios dos volumes de água consumidos na primeira época da cultura (VAC1) ( $L.m^{-2}$ ) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três balanços hídricos

Tratamentos		Balanços Hídricos		
Hidratassolo	Lâmina de Irrigação	1°	2°	3°
		I: 26/02 F: 07/03	I: 08/03 F: 15/03	I: 16/03 F: 23/03
H	L	VAC1	VAC1	VAC1
0	1	35,12	47,97	34,58
0	2	47,90	67,06	50,53
4	1	35,94	50,70	34,76
4	2	47,97	70,07	53,42
8	1	36,29	52,27	38,57
8	2	49,23	73,95	54,60
12	1	39,37	52,35	40,03
12	2	46,33	62,79	52,29
16	1	40,12	56,41	44,13
16	2	44,40	59,19	49,04

\* I = início e F = final do balanço hídrico.

Tabela 10 - Valores médios dos volumes de água consumidos na segunda época da cultura (VAC21) ( $L.m^{-2}$ ) para o tratamento dose de hidratassolo (H), fixando-se a lâmina de irrigação (10,64 mm) e os períodos correspondentes aos três primeiros balanços hídricos

Tratamentos		Balanços Hídricos		
Hidratassolo	Lâmina de Irrigação	1°	2°	3°
		I: 02/04 F: 09/04	I: 10/04 F: 17/04	I: 18/04 F: 25/04
H	L (const)	VAC21	VAC21	VAC21
0	1	53,13	45,78	40,13
4	1	55,35	46,04	40,91
8	1	56,78	47,59	41,36
12	1	58,03	48,78	42,18
16	1	58,09	52,38	45,62

\* I = início e F = final do balanço hídrico.

Tabela 11 - Valores médios dos volumes de água consumidos na segunda época da cultura (VAC22) ( $L.m^{-2}$ ) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três últimos balanços hídricos

Tratamentos		Balanços Hídricos		
Hidratassolo	Lâmina de Irrigação	4°	5°	6°
		I: 26/04 F: 03/05	I: 04/05 F: 11/05	I: 12/05 F: 19/05
H	L	VAC22	VAC22	VAC22
0	1	28,27	33,10	31,29
0	2	33,39	40,04	37,35
4	1	28,92	36,47	32,31
4	2	36,59	44,36	40,97
8	1	28,98	36,92	32,38
8	2	37,38	44,57	41,61
12	1	30,94	38,36	32,83
12	2	35,04	43,69	38,00
16	1	30,94	39,40	34,33
16	2	34,37	40,32	37,85

\* I = início e F = final do balanço hídrico.

Para analisar o efeito isolado dos fatores principais (H) e (L), da interação (H x L), e o efeito dos tratamentos ao longo do tempo sobre os volumes (VAC1) e (VAC22), correspondentes aos balanços hídricos na primeira e segunda época de plantio, respectivamente, utilizou-se os dados observados na Tabela 12.

Verifica-se, nessa tabela, na primeira época de plantio que não houve influência significativa para o efeito isolado das doses de hidratassolo (H) sobre o volume (VAC1), enquanto, por outro lado, houve o efeito muito altamente significativo da lâmina de irrigação (L), da interação (H x L) e da época de observação (T), em níveis de 0,1% de probabilidade sobre o volume (VAC1).

No entanto, observa-se (Tabela 12) na segunda época de plantio houve apenas o efeito muito altamente significativo da lâmina de irrigação (L), e da época de observação (T) em níveis de 0,1% de probabilidade sobre o volume (VAC22). Este fato deve ser evidenciado pela avaliação da menor estimativa das variâncias dos fatores em estudo e da interação,

observados na (Tabela 12), correspondentes ao volume (VAC22) quando comparados com as estimativas das variâncias para o volume (VAC1).

Adicionalmente, na avaliação do efeito isolado do fator doses de hidratassolo (H), e o efeito ao longo do tempo (T) sobre o volume (VAC21), considerou-se a aplicação de lâmina de irrigação constante de 10,64 mm (15 litros.dia<sup>-1</sup>) com oito repetições por tratamento, para esse volume, no período considerado ao estabelecimento da cultura e de observação dos três primeiros balanços hídricos, na segunda época de plantio.

Assim, de acordo com a Tabela 13 observa-se que houve efeito significativo do tratamento doses de hidratassolo (H), em nível de 5% de probabilidade sobre o volume (VAC21), e o efeito muito altamente significativo da época de observação (T), em nível de 0,1% de probabilidade sobre o volume (VAC21).

Observa-se também, que não houve influência significativa das interações H x T, sobre o volume (VAC21) e, também, das interações L x T, H x T e L x H x T, em níveis de sub-parcelas sobre os volumes (VAC1) e (VAC22). Desta forma, ressalta-se que não se realizou os desdobramentos das interações, e nem se tentou a possibilidade de ajustar um modelo que representasse o fenômeno em estudo, através do estudo de regressão linear.

Tabela 12 - Resumo da análise de variância do volume de água consumido pela cultura na primeira época (VAC1) e na segunda época (VAC22), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T)

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
		VAC1	VAC22
H (dg.kg <sup>-1</sup> )	4	39,52 <sup>NS</sup>	35,77 <sup>NS</sup>
L (mm)	1	4822,2***	1082,0***
H x L	4	191,38***	34,27 <sup>NS</sup>
Resíduo (a)	30	34,71	19,07
T	2	3308,0***	525,05***
L x T	2	65,27 <sup>NS</sup>	2,05 <sup>NS</sup>
H x T	8	18,55 <sup>NS</sup>	3,41 <sup>NS</sup>
L x H x T	8	10,88 <sup>NS</sup>	1,66 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	60	41,82	20,94
CV (a) %		12,04	12,12
CV (b) %		13,22	12,70

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\* ; \*\* e \*\*\* Significativos a 5% ; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 13 - Resumo da análise de variância do volume de água consumido pela cultura na segunda época (VAC21), em função de doses de hidratassolo (H) e a época de observação (T), para uma lâmina constante de 10,64 mm.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio
		VAC21
H (dg.kg <sup>-1</sup> )	4	114,69*
Resíduo (a)	35	45,47
T	2	2041,69***
H x T	8	6,94 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	70	19,30
CV (a) %		13,81
CV (b) %		9,00

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\* ; \*\* e \*\*\* Significativos a 5% ; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

#### 4.2.2 - Avaliação da evapotranspiração máxima da cultura (ETc) e do coeficiente de cultura (Kc)

Nessa etapa de estudo, a avaliação da evapotranspiração máxima da cultura (ETc) e do coeficiente da cultura (Kc), foi baseada no estudo anterior do efeito dos tratamentos no volume de água consumido pela cultura, tendo em vista que os parâmetros (ETc) e (Kc) foram obtidos com base nos volumes, que representam o período do balanço hídrico, correspondentes a época de plantio da cultura.

Desta forma, avaliou-se o efeito do comportamento das dosagens de hidratassolo (H) dentro de cada lâmina de irrigação (L) e da época de observação do balanço hídrico (BH), em cada época de plantio (T), com base na superfície de resposta obtida com os valores médios observados para as variáveis estudadas (ETc) e (Kc), considerando-se a impossibilidade de se estabelecer um modelo significativo para a interação H x L x BH.

##### 4.2.2.1 - Avaliação na primeira época de plantio do coentro (T<sub>1</sub>)

Nessa época de plantio do coentro, foram realizados três balanços hídricos. Os valores médios da evapotranspiração da cultura do coentro (ETc) e do coeficiente da cultura

(Kc), para os tratamentos nos três balanços hídricos realizados na primeira época da cultura, encontra-se na Tabela 14. Observa-se que os respectivos valores médios de (ETc) e (Kc), nessa tabela, permitiram o desenvolvimento das respectivas superfícies de respostas apresentadas na Figura 4.3 (a, b, c, d) fixando-se as correspondentes lâminas de irrigação ( $L_1$ ) e ( $L_2$ ).

Tabela 14 - Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) e do coeficiente da cultura (Kc) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três balanços hídricos, na primeira época da cultura.

Tratamentos		Balanços hídricos na primeira época da cultura					
Hidratassolo	Lâmina de Irrigação	1°		2°		3°	
		Início: 26/02 Final: 07/03	Kc	Início: 08/03 Final: 15/03	Kc	Início: 16/03 Final: 23/03	Kc
H	L	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc
0	1	3,11	0,95	3,40	0,88	3,07	0,80
0	2	4,25	1,29	4,76	1,23	4,48	1,17
4	1	3,19	0,97	3,60	0,93	3,08	0,80
4	2	4,25	1,30	4,97	1,29	4,74	1,24
8	1	3,22	0,98	3,71	0,96	3,42	0,89
8	2	4,36	1,33	5,24	1,36	4,84	1,26
12	1	3,49	1,06	3,71	0,96	3,55	0,93
12	2	4,11	1,25	4,45	1,15	4,64	1,21
16	1	3,56	1,08	4,00	1,04	3,91	1,02
16	2	3,94	1,20	4,20	1,09	4,35	1,14

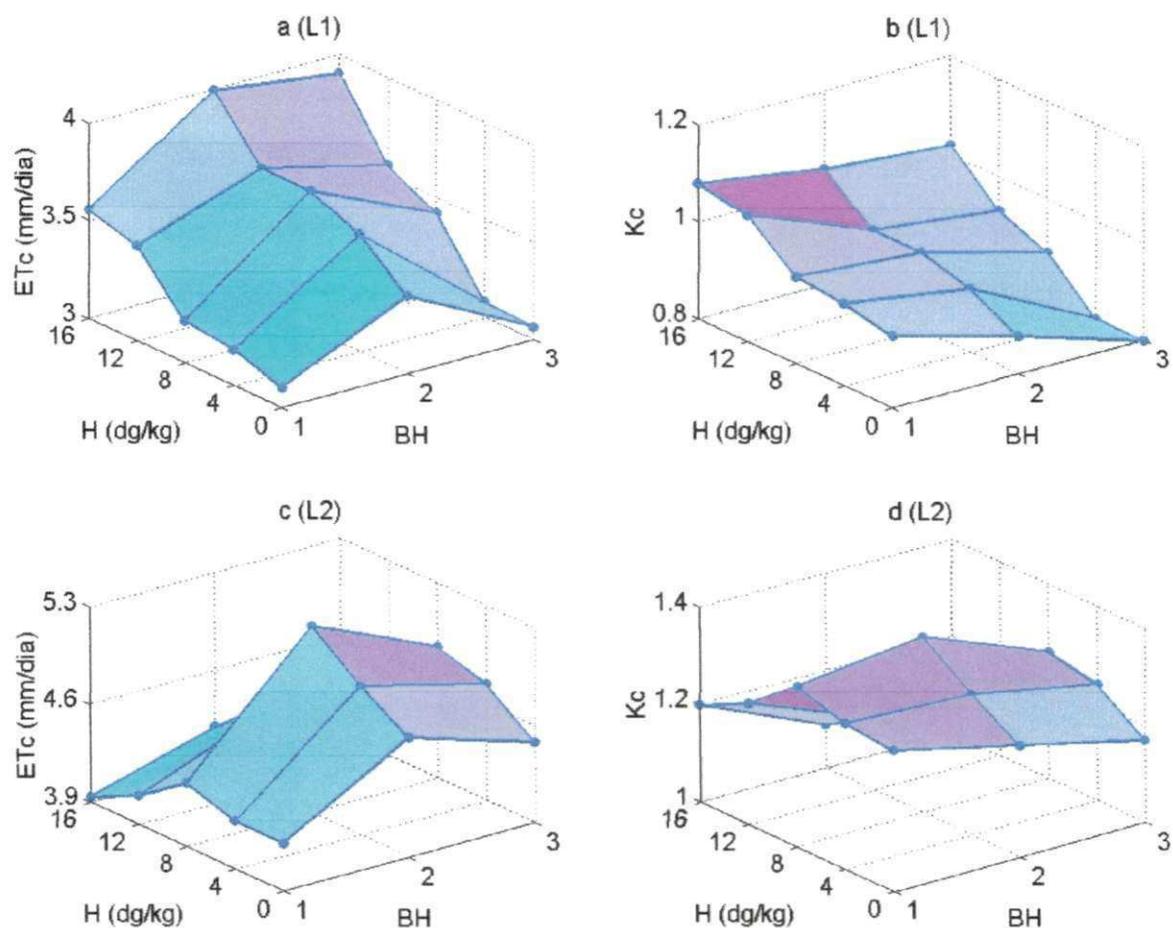


Figura 4.3 - Evapotranspiração  $ET_c$  ( $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e coeficiente de cultivo  $K_c$  médios na primeira época da cultura para os tratamentos nos períodos correspondentes aos três balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo medido nos respectivos níveis de lâminas de irrigação ( $L_1$ ) e ( $L_2$ ).

Com base nos dados da Tabela 14, e a Figura 4.3 (a) verifica-se que os respectivos valores máximo ( $4,00 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e mínimo ( $3,07 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) de ( $ET_c$ ) corresponderam aos tratamentos  $H_4L_1BH_2$  e  $H_0L_1BH_3$ . Observa-se, nessa figura, a elevação da ( $ET_c$ ) com a elevação das dosagens de (H) para os três períodos de balanço hídrico, com uma tendência de relação funcional linear. O emprego da dose máxima ( $H_4$ ), proporcionou um incremento de 19,73% na ( $ET_c$ ) média ( $3,82 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) dos três períodos de (BH) em relação à testemunha ( $3,19 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ). No entanto, quando se fixam as épocas de observação de (BH), verifica-se que os respectivos valores médios de ( $ET_c$ ) 3,31; 3,68; e  $3,41 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ , aumentou 11,16% do primeiro ao segundo (BH), e decresceu 7,34% do segundo ao terceiro (BH), indicando o

segundo período de (BH) uma maior ocorrência de (ETc), coincidindo com o máximo crescimento vegetativo, quando normalmente tem início a colheita da planta.

Com relação ao coeficiente da cultura, para a mesma época de observação de (BH), a Figura 4.3 (b) ilustra sua variação em função dos tratamentos. Assim, os valores de (Kc) máximo (1,08) e mínimo (0,80) corresponderam aos tratamentos  $H_4L_1BH_1$  e  $H_0L_1BH_3$ , respectivamente. Verifica-se, também, a elevação de (Kc) em função da elevação das dosagens de (H) para os três períodos de balanço hídrico, com a mesma evidência de relação funcional linear. Neste caso, o emprego da dose máxima ( $H_4$ ), proporcionou um incremento de 19,39% no (Kc) médio (1,05) dos três períodos de (BH) em relação à testemunha (0,88). Por outro lado, diferente do que ocorreu para a (ETc), verificou-se que os respectivos valores médios de (Kc) (1,01); (0,95) e (0,89), decresceu 5,94% do primeiro ao segundo (BH) e, também, decresceu 6,31% do segundo ao terceiro (BH).

Assim, considerando-se os valores médios de (ETo) 3,28; 3,86; e 3,83  $\text{mm.dia}^{-1}$ , na mesma época de observação de (BH), verificou-se que o incremento de 17,68% foi maior do que o incremento 11,16% para o valor médio de (ETc), ocorrido do primeiro ao segundo (BH), indicando que a variação no consumo de água da cultura foi menor do que a variação na evapotranspiração de referência. Desta forma, essa constatação deve explicar a diminuição no valor médio de (Kc) do primeiro ao segundo (BH).

Com a aplicação da lâmina de irrigação  $L_2$ , a variação da (ETc) e de (Kc) em função dos tratamentos nos três períodos de (BH), estão ilustrados na Figura 4.3 (c) e (d), respectivamente. No primeiro caso, os valores de (ETc) máximo (5,24  $\text{mm.dia}^{-1}$ ) e mínimo (3,94  $\text{mm.dia}^{-1}$ ) corresponderam aos tratamentos  $H_2L_2BH_2$  e  $H_4L_2BH_1$ , respectivamente. Fixando-se as épocas de (BH), observa-se na Figura 4.3 (c) que há uma tendência de variação quadrática na variação de (ETc), em função da elevação das doses de (H). Essa mesma tendência da dispersão dos dados médios observados, também é verificada na Figura 4.3 (d) para o (Kc), tendo em vista a variação dos respectivos valores médios de (ETc) e (Kc) em cada nível das doses de (H).

Desta forma, verifica-se também que houve aumento de 7,04% na (ETc) de valor médio 4,50  $\text{mm.dia}^{-1}$  na dose testemunha, para o valor médio de 4,81  $\text{mm.dia}^{-1}$  para a dose ( $H_2$ ), e o decréscimo de 7,55% de ( $H_2$ ) para o valor médio de (ETc) 4,16  $\text{mm.dia}^{-1}$  na dose ( $H_4$ ). No entanto, quando se fixam as épocas de observação de (BH), verifica-se que os respectivos valores médios de (ETc) 4,18; 4,72; e 4,61  $\text{mm.dia}^{-1}$ , aumentou 12,96% do primeiro ao segundo (BH), e decresceu 2,33% do segundo ao terceiro (BH), indicando novamente o segundo período de (BH) como o período de maior ocorrência de (ETc).

No segundo caso, os valores de (Kc) máximo (1,36) e mínimo (1,09) corresponderam aos tratamentos  $H_2L_2BH_2$  e  $H_4L_2BH_2$ , respectivamente. Observou-se também, aumento de 7,32% no (Kc) de valor médio 1,23 na dose testemunha, para o valor médio de 1,32 para a dose ( $H_2$ ), e o decréscimo de 7,32% de ( $H_2$ ) para o valor médio de (Kc) 1,14 na dose ( $H_4$ ).

Por outro lado, também diferente do que ocorreu para (ETc), na mesma época de (BH), a fixação das épocas de observação de (BH), com os respectivos valores médios de (Kc) 1,27; 1,22; e 1,20, mostraram que houve o decréscimo de 3,94% do primeiro para o segundo (BH) e, também, o decréscimo de 1,64% do segundo para o terceiro (BH). Assim, devido a essa queda na variação média do (Kc), medida nos níveis de (BH), também se verificou a ocorrência de maior variação da (ETo) 17,68%, contra 12,96% na variação para o valor médio de (ETc), na mesma época de observação de (BH).

Além disso, ressalta-se que essa ocorrência de variação no coeficiente da cultura (Kc) está relacionada com a fase final do ciclo fenológico da cultura (do 20º ao 45º dia após o plantio).

#### 4.2.2.2 - Avaliação na segunda época de plantio do coentro ( $T_2$ )

Com base na avaliação da (ETc) e do (Kc) realizada anteriormente, nessa época de plantio do coentro foram realizados seis balanços hídricos. Os valores médios da evapotranspiração da cultura do coentro (ETc) e do coeficiente da cultura (Kc), para o tratamento doses de hidratassolo aplicando-se a lâmina de irrigação constante (10,64 mm) nos três primeiros balanços hídricos, realizados na fase inicial da segunda época da cultura, encontra-se na Tabela 15. De forma análoga ao estudo anterior, observa-se que os respectivos valores médios de (ETc) e (Kc), nessa tabela, permitiram o desenvolvimento das respectivas superfícies de respostas apresentadas na Figura 4.4 (a) e (b).

Analisando-se os dados da Tabela 15, verifica-se que os respectivos valores máximo (5,15 mm.dia<sup>-1</sup>) e mínimo (3,56 mm.dia<sup>-1</sup>) da (ETc) corresponderam aos tratamentos  $H_4BH_3$  e  $H_0BH_1$  e, analogamente, para o (Kc) os respectivos valores máximo (1,51) e mínimo (1,26) também estão relacionados aos mesmos tratamentos  $H_4BH_3$  e  $H_0BH_1$ . Na figura 4.4 (a, b), observa-se para a (ETc) e o (Kc) que os valores médios se elevaram com a elevação das dosagens de (H) para os três períodos de balanço hídrico e, coincidentemente, com a mesma evidência de relação funcional linear.

Tabela 15 - Valores médios da evapotranspiração da cultura (ETc) e do coeficiente da cultura (Kc) nos períodos correspondentes aos três primeiros balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo e fixando-se a lâmina de irrigação em 10,64 mm (15 litros)

Tratamentos		Balanços hídricos na segunda época da cultura					
Hidratassolo	Lâmina de Irrigação	1°		2°		3°	
		Início: 02/04 Final: 09/04	Kc	Início: 10/04 Final: 17/04	Kc	Início: 18/04 Final: 25/04	Kc
H	L (const.)	ETc	Kc	ETc	Kc	ETc	Kc
0	1	3,56	1,26	4,06	1,31	4,71	1,39
4	1	3,63	1,28	4,08	1,31	4,91	1,44
8	1	3,67	1,30	4,22	1,36	5,03	1,48
12	1	3,74	1,32	4,32	1,39	5,14	1,51
16	1	4,04	1,43	4,64	1,49	5,15	1,51

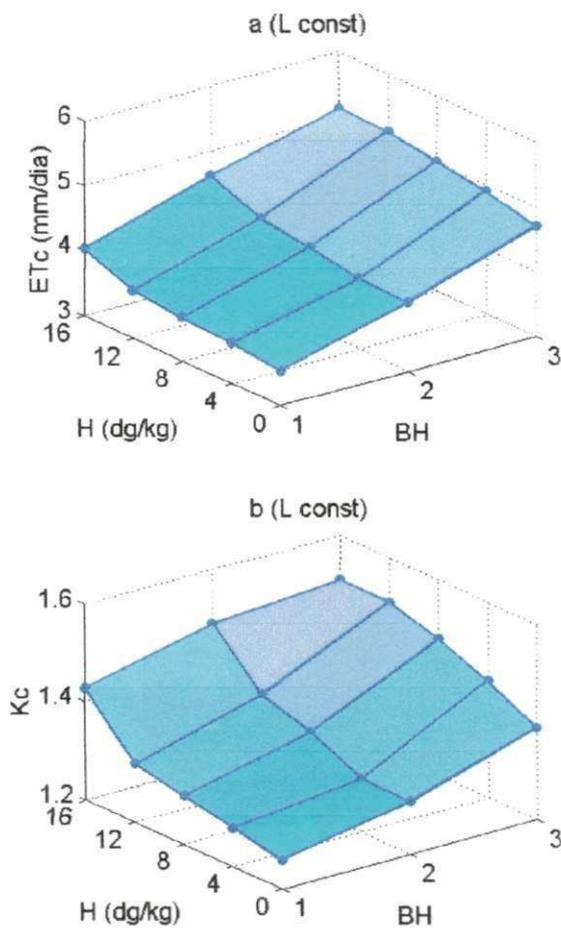


Figura 4.4 - Evapotranspiração  $ET_c$  ( $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e coeficiente de cultivo  $K_c$  médios na segunda época da cultura nos períodos correspondentes aos três primeiros balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo e fixando-se a lâmina de irrigação em 10,64 mm (15 litros)

Para a ( $ET_c$ ) média dos três períodos de (BH), o emprego da dose máxima ( $H_4$ ) ( $4,61 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ), proporcionou um incremento de 12,16% em relação à testemunha ( $4,11 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e, de modo similar, o valor médio de ( $K_c$ ) (1,48) na dose ( $H_4$ ) também proporcionou um incremento de 11,87% em relação a testemunha (1,32).

No entanto, considerando-se a variação dos dois parâmetros ( $ET_c$ ) e ( $K_c$ ) quando se fixam cada nível do (BH), verifica-se que houve elevação nos valores médios dessas variáveis em função da elevação dos três níveis de (BH). Assim, os valores médios da ( $ET_c$ ) 3,73; 4,26; e  $4,99 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$  proporcionaram os respectivos incrementos de 14,38% do primeiro ao segundo (BH) e 17,09% do segundo ao terceiro (BH). Para o ( $K_c$ ), os valores médios 1,32; 1,37; e 1,47 proporcionaram incrementos de 4,10% do primeiro ao segundo (BH) e 6,85% do segundo ao terceiro (BH).

Desta forma, nesse mesmo período de (BH), comparando-se as variações dos valores médios da (ET<sub>o</sub>), 2,83; 3,11; e 3,40 mm.dia<sup>-1</sup>, de 9,89% do primeiro ao segundo (BH) e 9,32% do segundo ao terceiro (BH), verifica-se que foram menores do que as variações da (ET<sub>c</sub>) de 14,38% e 17,09%. Assim, essa constatação deve explicar a observação do crescimento simultâneo dos valores médios da (ET<sub>c</sub>) e do (K<sub>c</sub>). Além disso, ressalta-se que essa ocorrência está relacionada ao período inicial do ciclo fenológico da cultura (do 4º ao 27º dia após o plantio), onde se verifica a crescente necessidade de água (fase de crescimento vegetativo), quando a planta aumenta a área foliar.

Para os tratamentos nos três últimos balanços hídricos (4º; 5º e 6º), realizados na segunda época da cultura, os valores médios observados da evapotranspiração da cultura do coentro (ET<sub>c</sub>) e do coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), apresentados na Tabela 16 permitiram o desenvolvimento das respectivas superfícies de respostas ilustradas na Figura 4.5 (a, b, c, d) fixando-se as correspondentes lâminas de irrigação (L<sub>1</sub>) e (L<sub>2</sub>).

Tabela 16 - Valores médios da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e do coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) para os tratamentos e períodos correspondentes aos três últimos balanços hídricos, com a variação de lâminas na segunda época da cultura.

Tratamentos		Balanços hídricos na segunda época da cultura					
Hidratassolo	Lâmina de Irrigação	4º		5º		6º	
		Início: 26/04 Final: 03/05		Início: 04/05 Final: 11/05		Início: 12/05 Final: 19/05	
H	L	ET <sub>c</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub>	K <sub>c</sub>
0	1	2,51	1,06	2,93	1,00	2,77	1,16
0	2	2,96	1,25	3,55	1,21	3,31	1,39
4	1	2,56	1,08	3,23	1,10	2,86	1,20
4	2	3,24	1,37	3,93	1,34	3,63	1,52
8	1	2,57	1,08	3,27	1,11	2,87	1,20
8	2	3,31	1,40	3,95	1,34	3,69	1,54
12	1	2,74	1,16	3,40	1,16	2,91	1,22
12	2	3,11	1,31	3,87	1,32	3,37	1,41
16	1	2,74	1,16	3,49	1,19	3,04	1,27
16	2	3,05	1,29	3,57	1,22	3,36	1,40

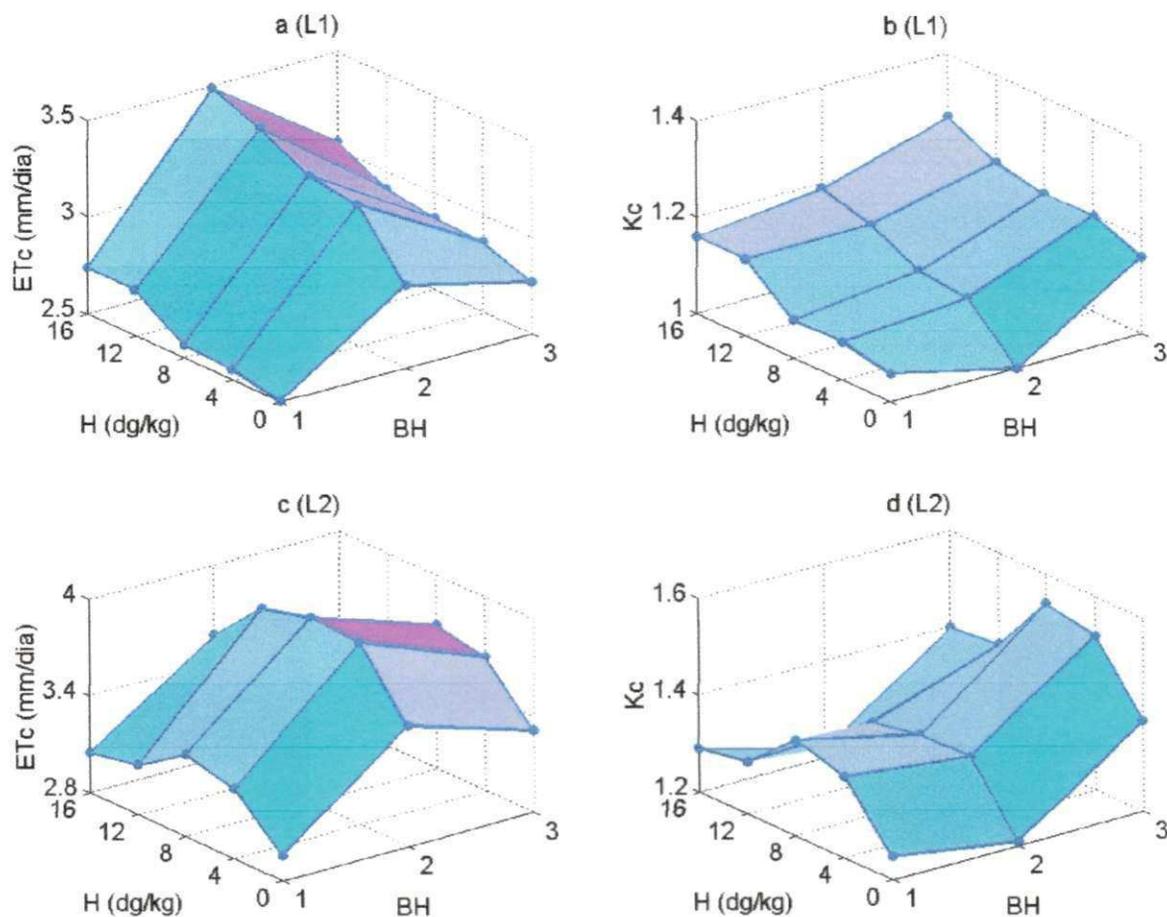


Figura 4.5 - Evapotranspiração  $ET_c$  ( $\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e coeficiente de cultivo  $K_c$  médios na segunda época da cultura para os tratamentos nos períodos correspondentes aos três últimos balanços hídricos, considerando-se os efeitos dos níveis de hidratassolo medido nos respectivos níveis de lâminas de irrigação ( $L_1$ ) e ( $L_2$ ).

Assim, de forma semelhante às avaliações anteriores utilizou-se os dados da Tabela 16 e a Figura 4.5 (a) e (b), para analisar o efeito dos tratamentos na variação da ( $ET_c$ ) e do ( $K_c$ ) quando se fixou a lâmina  $L_1$ . Desta forma, verificou-se que os respectivos valores máximo ( $3,49 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e mínimo ( $2,51 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) da ( $ET_c$ ) corresponderam aos tratamentos  $H_4L_1BH_5$  e  $H_0L_1BH_4$  e, também, para o ( $K_c$ ) os respectivos valores máximo (1,27) e mínimo (1,00) corresponderam aos tratamentos  $H_4L_1BH_6$  e  $H_0L_1BH_5$ . No caso de se fixar as doses de (H), verifica-se que o valor médio de ( $ET_c$ ) ( $3,09 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) na dose máxima ( $H_4$ ) proporcionou um acréscimo de 12,77% em relação a testemunha ( $2,74 \text{ mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ ) e, analogamente, o emprego da dose ( $H_4$ ) com valor médio de ( $K_c$ ) (1,21), também proporcionou um incremento de 12,42% em relação a testemunha (1,07). No entanto, com

base na variação dos valores médios da (ETc) e do (Kc), em função da variação das doses de (H) nas três épocas de (BH), verificou-se que também houve evidências de relação linear crescente.

Por outro lado, quando se fixam as épocas de (BH), os respectivos valores médios da (ETc) 2,62; 3,26; e 2,89 mm.dia<sup>-1</sup> e, também, os valores médios do (Kc) 1,10; 1,11; e 1,21 proporcionaram os respectivos incrementos de 24,43% e 0,36% do quarto ao quinto (BH), e os respectivos decréscimo de 11,35%, e o incremento de 8,81% do quinto ao sexto (BH). Assim, observa-se que houve uma maior demanda evapotranspirométrica média da cultura na segunda época de (BH), correspondente ao período do 36° ao 43° dia após o plantio e, também, coincidente com a fase de desenvolvimento do caule.

No entanto, nesse mesmo período de (BH), comparando-se as variações dos valores médios da (ETo), 2,37; 2,94; e 2,39 mm.dia<sup>-1</sup>, com acréscimo de 24,05% do quarto ao quinto (BH) e decréscimo de 18,71% do quinto ao sexto (BH), verifica-se que foi equivalente da variação da (ETc) do quarto ao quinto (BH), e do quinto ao sexto (BH) houve uma maior variação decrescente da (ETo), o que deve explicar a elevação do valor médio do (Kc) na fase final da cultura (do 43° ao 51° dia após o plantio).

Para analisar o efeito dos tratamentos na variação da (ETc) e do (Kc), quando se fixou a lâmina L<sub>2</sub>, utilizou-se os dados da Tabela 16 e a Figura 4.5 (c) e (d). Assim, observou-se para essas variáveis com base na variação dos valores médios, em função da variação crescente das doses de (H), nas três épocas de (BH), que também houve evidências de relação funcional quadrática, equivalente do que ocorreu na primeira época da cultura com relação à lâmina L<sub>2</sub>.

Desta forma, quando se fixou as respectivas doses (H<sub>0</sub>); (H<sub>2</sub>) e (H<sub>4</sub>) os valores médios de (ETc) foram 3,27; 3,65; e 3,33 mm.dia<sup>-1</sup> com incremento de 11,51% e decréscimo de 8,77%, respectivamente. Analogamente, nas mesmas doses, os valores médios de (Kc) foram 1,28; 1,43; e 1,30 com incremento de 11,17% e decréscimo de 8,67%, respectivamente.

Observou-se também, os valores máximo 3,95 mm.dia<sup>-1</sup> e mínimo 2,96 mm.dia<sup>-1</sup> para a (ETc) correspondentes aos respectivos tratamentos H<sub>2</sub>L<sub>2</sub>BH<sub>5</sub> e H<sub>0</sub>L<sub>2</sub>BH<sub>4</sub> e, também, para o (Kc) os valores máximo 1,54 e mínimo 1,21 estão relacionados aos respectivos tratamentos H<sub>2</sub>L<sub>2</sub>BH<sub>6</sub> e H<sub>0</sub>L<sub>2</sub>BH<sub>5</sub>.

No entanto, quando se fixou as épocas de (BH), na avaliação da variação dos valores médios de (ETc) 3,13; 3,77; e 3,47 mm.dia<sup>-1</sup>, verificou-se os respectivos acréscimo de 20,42% do quarto ao quinto (BH), e o decréscimo de 7,96% do quinto ao sexto (BH). No caso de se considerar os valores médios do (Kc) 1,32; 1,29; e 1,45 avaliou-se os respectivos decréscimo

de 2,87% e o acréscimo de 12,91%, equivalentes aos mesmos intervalos de (BH). Assim, também se observa que houve uma maior demanda evapotranspirométrica média da cultura na segunda época de (BH), correspondente ao período do 36° ao 43° dia após o plantio e, também, coincidente com a fase de desenvolvimento do caule.

Ainda, com relação à variação do ( $K_c$ ) em função da relação da ( $ET_c$ ) com a ( $ET_o$ ), verificou-se também na aplicação da maior lâmina  $L_2$  a variação crescente da ( $ET_c$ ) do quarto ao quinto (BH), foi menor do que a variação crescente com a lâmina  $L_1$  enquanto, por outro lado, do quinto ao sexto (BH) a variação decrescente da ( $ET_c$ ) foi menor com a lâmina  $L_1$ . Assim, considerando-se a aplicação da maior lâmina, essa constatação deve explicar a variação decrescente do ( $K_c$ ) do quarto ao quinto (BH), e a maior variação crescente do quinto ao sexto (BH) e, também, equivalentes ao período de observação do (BH) do 28° ao 51° dia após o plantio (fase de desenvolvimento do caule e início da fase reprodutiva).

#### 4.2.3 – Efeito dos tratamentos nas características vegetativas do coentro

Inicialmente, realizaram-se as análises por agrupamento de fontes de variação para avaliar o efeito dos fatores em estudo, a interação entre eles e, também, o efeito dos tratamentos ao longo do tempo, referentes às épocas de observação.

Desta forma, as características vegetativas do coentro foram representadas pela altura de plantas na parcela útil (APU); rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta; número de plantas por parcela (NPP); e a eficiência de uso de água da cultura (EUA). Os resumos das análises de variância para essas características em função de doses de hidratação (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T), estão apresentados na Tabela 17.

Observa-se, nessa tabela, que houve efeito altamente significativo da época de observação (T), em níveis de significância variando de 1% a 0,1% de probabilidades para todas as variáveis respostas estudadas, exceto para (RMV). Com base nessa avaliação apresenta-se, nos itens seguintes, estudo do efeito dos tratamentos sobre as características vegetativas da cultura, fixando-se as épocas de observação  $T_1$  e  $T_2$  (épocas de plantio).

Ainda, com relação à Tabela 17 observa-se o efeito altamente significativo para interação H x L, em níveis de significância variando de 1% a 0,1% de probabilidades para as variáveis estudadas, exceto para (NPP). Também, com relação ao efeito isolado dos fatores (H) e (L), observa-se que houve influência variando de significativa a muito altamente

significativa, em níveis de significância variando de 5% a 0,1% para todas as características estudadas, exceto para (EUA).

Por sua vez, considerando-se que os coeficientes de variação são relacionados com as estimativas das variâncias do erro observa-se na Tabela 17 valores baixos desse parâmetro, o que indica maior precisão nas análises, tanto em nível de parcela quanto para os tratamentos em nível de sub-parcelas. Nesse tipo de análise, em geral, verifica-se que há maior precisão da análise em nível de sub-parcelas, tendo em vista menor estimativa da variância do resíduo (b) quando comparada com o erro (a). Por isso, utilizou-se desse recurso para avaliar o efeito dos tratamentos ao longo do tempo.

Em seguida, apresentam-se as análises fixando-se as épocas de observação (T), os desdobramentos das interações H x L para as variáveis (APU); (RMV); (RMS); e (EUA), e o efeito isolado de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis de lâmina de irrigação (L) para a variável (NPP), bem como os modelos significativos que representam o fenômeno em estudo.

Tabela 17 - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, número de plantas por parcela (NPP), e a eficiência do uso da água da cultura (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T)

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		APU	RMV	RMS	NPP	EUA
H (dg.kg <sup>-1</sup> )	4	28,85***	25,54*	0,49**	944,4*	20,41 <sup>NS</sup>
L (mm)	1	195,31***	323,56***	7,22***	2726,1**	1,09 <sup>NS</sup>
H x L	4	26,40***	87,12***	0,81***	196,4 <sup>NS</sup>	71,45**
Resíduo (a)	30	3,90	7,95	0,10	238,0	13,09
T	1	30,01**	0,18 <sup>NS</sup>	6,72***	1757,8**	1260,1***
L x T	1	13,61*	5,54 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	5,51 <sup>NS</sup>	1,33 <sup>NS</sup>
H x T	4	1,16 <sup>NS</sup>	7,76 <sup>NS</sup>	0,13 <sup>NS</sup>	228,8 <sup>NS</sup>	13,41 <sup>NS</sup>
L x H x T	4	5,39 <sup>NS</sup>	5,72 <sup>NS</sup>	0,19 <sup>NS</sup>	96,13 <sup>NS</sup>	6,21 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	30	3,22	4,59	0,14	177,04	10,01
CV (a) %		5,73	15,19	13,99	11,96	14,79
CV (b) %		5,20	11,54	16,90	10,31	12,93

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\* ; \*\* e \*\*\* Significativos a 5% ; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

#### 4.2.3.1 – Análises na primeira época de plantio do coentro (T<sub>1</sub>)

Nessa etapa de estudo avaliou-se o efeito dos tratamentos nas características vegetativas da cultura, na primeira época de plantio (T<sub>1</sub>), com base no resumo da análise de variância apresentada na Tabela 18. Observa-se, nessa tabela, que não houve influência significativa da interação entre os fatores H x L para as variáveis (RMS) e (NPP). Verifica-se também, que não houve significância do efeito isolado do fator hidratassolo (H) para a variável (RMS).

Desta forma, realizou-se o desdobramento das interações H x L para as variáveis (APU); (RMV); e (EUA) com os respectivos níveis de significância de 1%, 0,1% e 5% de probabilidades, para estudar o comportamento das dosagens de hidratassolo (H) dentro de cada lâmina de irrigação (L) e, também, o efeito isolado de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis de lâmina de irrigação (L) para a variável (NPP).

Para essas variáveis, apresenta-se na Tabela 19 os modelos de regressão ajustados que expressam a influência significativa da variação de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L) sobre a variação das características avaliadas, escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, e os respectivos coeficientes de determinação R<sup>2</sup>.

Tabela 18 - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, número de plantas por parcela (NPP), e a eficiência do uso da água da cultura (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T<sub>1</sub>)

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		APU	RMV	RMS	NPP	EUA
H (dg.kg <sup>-1</sup> )	4	16,81*	8,39 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	483,1**	10,91 <sup>NS</sup>
L (mm)	1	156,02***	206,93***	5,45***	1243,2***	0,0062 <sup>NS</sup>
H x L	4	21,83**	53,85***	0,11 <sup>NS</sup>	122,9 <sup>NS</sup>	29,20*
Resíduo	30	5,12	6,70	0,093	89,97	8,70
CV %		6,68	13,98	11,92	7,09	14,39

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\*; \*\* e \*\*\* Significativos a 5%; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 19 - Equações de regressão ajustadas aos dados médios de altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV), número de plantas por parcela (NPP) e a eficiência do uso da água (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L) e fixando-se a época de observação (T<sub>1</sub>), com os respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>)

Variáveis (L)	Equações de Regressão Ajustadas	R <sup>2</sup>
APU (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 26,82 + 1,4107^{***} x - 0,06473^{**} x^2$	0,9886
NPP	$\hat{Y} = 124,05 + 1,20312^{***} x$	0,9588
RMV (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 12,38 + 0,48156^{***} x$	0,8025
RMV (L <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 20,46 + 0,68983^{\circ} x - 0,054118^{*} x^2$	0,9651
EUA (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 17,34 + 0,396375^{*} x$	0,7304

<sup>o</sup>, \*, \*\*, \*\*\* Significativos a 10%; 5%; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste t

A Figura 4.6 (a, b, c, d, e) apresenta a variação dos dados médios observados das características avaliadas (APU) (em cm), (NPP), (RMV) (em t.ha<sup>-1</sup>), e (EUA) (em kg.m<sup>-3</sup>), e os dados estimados obtidos com as respectivas equações de regressão (Tabela 19), em função da variação de doses crescentes de hidratassolo (em dg.kg<sup>-1</sup>), medido nos níveis da lâmina de irrigação, e da época de observação (T<sub>1</sub>).

Com relação aos modelos de regressão, as médias para a altura de plantas (APU) em função de doses de hidratassolo, fixando-se a lâmina L<sub>1</sub>, ajustou-se ao modelo quadrático onde pela derivada primeira da equação estimou-se a dose de hidratassolo de máxima eficiência de 10,90 dg.kg<sup>-1</sup>, como aquela responsável pela altura máxima da planta de 34,51 cm. Também, com uso do modelo, estimaram-se as alturas de plantas correspondentes as doses testemunha (H<sub>0</sub>) e a dose máxima (H<sub>4</sub>), com os respectivos valores de 26,83 cm e 32,83 cm. Com base nesses dados, observa-se que houve incrementos de 28,62% e 22,36% quando se relacionam as APU (máx.) e a APU (H<sub>4</sub>) com a APU (H<sub>0</sub>), respectivamente.

Por outro lado, quando se fixou a lâmina L<sub>2</sub> para variável (APU) verificou-se que o diagrama de dispersão dos dados médios observados (Figura 1D) (a) não se ajustou significativamente a nenhum modelo de regressão. No entanto, analisando-se a dispersão dos dados médios observados constatou-se que a dose (H<sub>1</sub>) proporcionou o valor máximo de APU de 36,50 cm, e as doses (H<sub>2</sub>), (H<sub>3</sub>) e (H<sub>4</sub>) proporcionaram valores menores para APU, quando comparados com o valor de APU referente à dose (H<sub>0</sub>) (dose testemunha) de 36,00 cm.

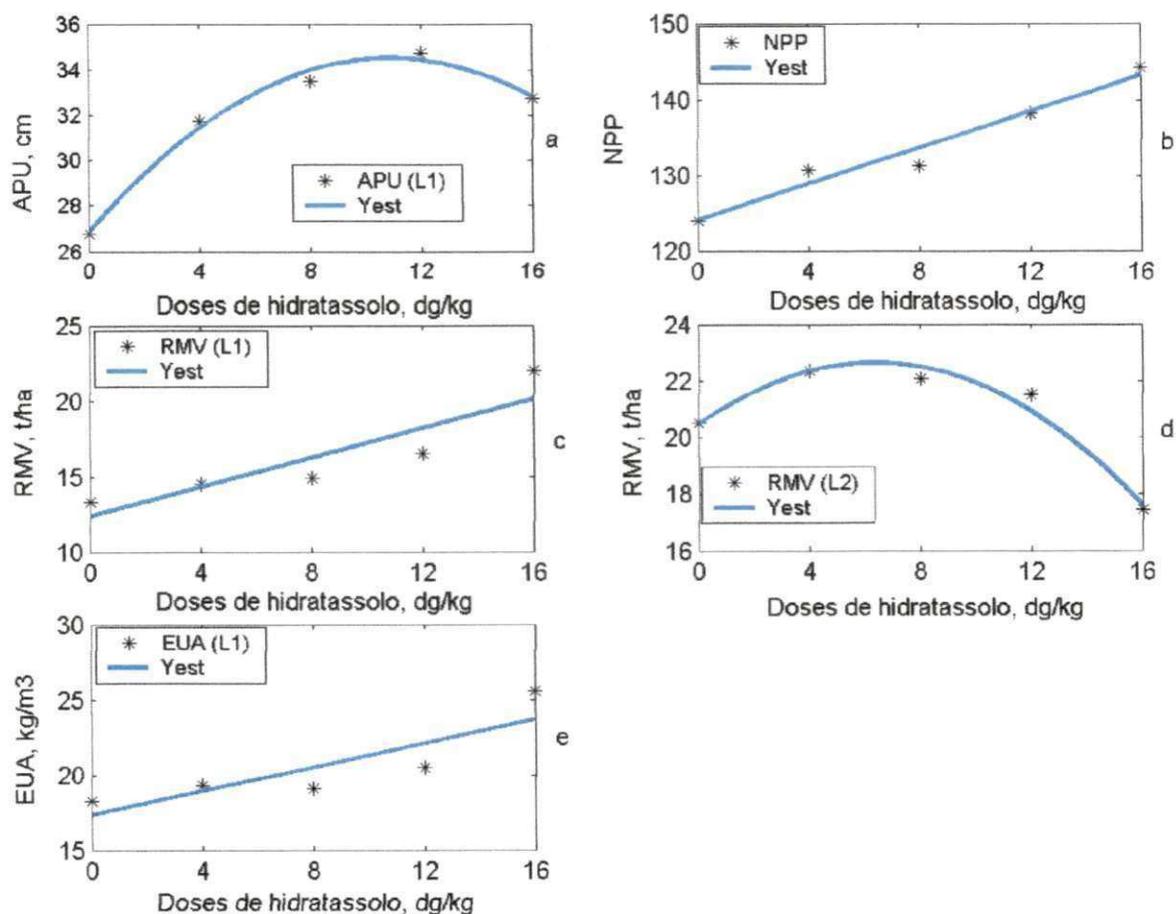


Figura 4.6 - Altura de plantas na parcela útil (APU), número de plantas por parcela (NPP), rendimento de massa verde (RMV) e eficiência de uso de água (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L), e a época de observação ( $T_1$ )

Para a variável RMV, os modelos de regressão indicaram uma relação linear para lâmina  $L_1$ , e quadrática para  $L_2$ . No primeiro caso, assumindo-se dados estimados pelo modelo, verificou-se incremento de 62,21% quando se relaciona os valores de RMV obtidos com a dose ( $H_4$ ) de 20,09 t. ha<sup>-1</sup>, e a dose ( $H_0$ ) de 12,38 t. ha<sup>-1</sup>. No entanto, no segundo caso, pela derivada primeira da equação quadrática (Tabela 19) estimou-se a dose de máxima eficiência de 6,37 dg.kg<sup>-1</sup>, como aquela responsável pelo valor máximo de RMV de 22,66 t.ha<sup>-1</sup>. Observa-se também, incrementos de 28,38% e 15,92% quando se comparam os respectivos valores estimados de RMV (máx.) e RMV obtido com a dose ( $H_0$ ) de 20,46 t.ha<sup>-1</sup>, com o valor de RMV referente a dose ( $H_4$ ) de 17,65 t.ha<sup>-1</sup>.

Assim, verifica-se que a maior dose de hidratassolo ( $H_4$ ) proporcionou um valor de RMV, estimado pelo modelo, 13,73% menor do que o valor de RMV estimado com a dose testemunha ( $H_0$ ). Desta forma, é provável que a redução na produtividade da cultura observada com a dose ( $H_4$ ) e a lâmina ( $L_2$ ), esteja relacionada com o efeito do polímero hidroabsorvente nas propriedades físicas e hidráulicas do solo, tendo em vista que o aumento na dose, e a expansão do polímero, reduzem os valores da condutividade hidráulica do meio saturado devido à redução do raio médio dos poros do solo arenoso, conforme constatação de Prevedello & Balena (2000), e Al-Darby (1996).

No caso do efeito isolado de doses de hidratassolo ( $H$ ), medido nos níveis de lâmina de irrigação ( $L$ ), os dados médios observados para a variável (NPP) ajustaram-se linearmente com as doses crescentes. Com base no modelo, verifica-se que houve incremento de 15,52% comparando-se o valor estimado de NPP relacionado à dose  $H_4$  de 143 plantas por parcela, com o valor estimado para dose  $H_0$  de 124 plantas por parcela.

Com relação à resposta da eficiência de uso de água (EUA), sob o efeito dos tratamentos fixando-se a lâmina  $L_1$ , verifica-se que os dados estimados com o modelo (Tabela 19) indicaram que a (EUA) aumentou linearmente com a elevação das doses de hidratassolo. O emprego da dose máxima ( $H_4$ ), proporcionou um incremento de 36,56% na eficiência de uso de água em relação à dose testemunha ( $H_0$ ).

No caso da aplicação da lâmina de irrigação  $L_2$ , o diagrama de dispersão dos dados médios observados (Figura 1D) (c) para variável (EUA) não se ajustou significativamente a modelos de regressão, no entanto, verificou-se que as médias dos dados observados indicaram a dose ( $H_3$ ) ( $12 \text{ dg. kg}^{-1}$ ) como aquela responsável pelo valor máximo de (EUA) de  $21,85 \text{ kg. m}^{-3}$ , enquanto o emprego da dose máxima ( $H_4$ ) proporcionou o menor valor de (EUA) de  $18,73 \text{ kg. m}^{-3}$  ocorrendo um decréscimo de 7,60%, em relação à dose testemunha ( $H_0$ ) com valor médio observado de (EUA) de  $20,27 \text{ kg. m}^{-3}$ .

#### 4.2.3.2 - Análises na segunda época de plantio do coentro ( $T_2$ )

De forma análoga do que ocorreu em termos de procedimentos e análises utilizadas na primeira época de plantio, nessa etapa de estudo o efeito dos tratamentos nas características vegetativas da cultura foram baseados no resumo da análise de variância apresentada na Tabela 20 e, também, na Tabela 21 que apresenta as equações de regressão ajustadas para as

variáveis respostas que caracterizam o crescimento, produtividade e a eficiência do uso da água na cultura do coentro.

Desta forma, observa-se na Tabela 20 que não houve influência significativa da interação entre os fatores H x L para a variável (NPP) e, também, verifica-se que não houve significância do efeito isolado do fator hidratassolo (H) para as variáveis (NPP) e (EUA).

No entanto, nessa tabela, a observação do efeito significativo da interação entre os fatores H x L para as variáveis (APU), (RMV), (RMS) e (EUA), com os respectivos níveis de significância de 1%, 0,1%, 1% e 5% de probabilidades, para estudar o comportamento das dosagens de hidratassolo (H) dentro de cada lâmina de irrigação (L).

Assim, para essas variáveis, e por ocorrência da interação significativa, apresenta-se na Tabela 21 os modelos de regressão ajustados que expressam a influência significativa da variação de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L) sobre a variação das características avaliadas, escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, e os respectivos coeficientes de determinação  $R^2$ .

Tabela 20 - Resumo da análise de variância de altura de plantas na parcela útil (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS) da parte aérea da planta, número de plantas por parcela (NPP), e a eficiência do uso da água da cultura (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), a lâmina de irrigação (L) e a época de observação (T<sub>2</sub>)

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios				
		APU	RMV	RMS	NPP	EUA
H (dg.kg <sup>-1</sup> )	4	13,21***	24,91**	0,44*	690,1 <sup>NS</sup>	22,90 <sup>NS</sup>
L (mm)	1	52,90***	122,18***	2,14***	1488,4*	2,42 <sup>NS</sup>
H x L	4	9,96**	38,99***	0,89**	169,5 <sup>NS</sup>	48,47*
Resíduo	30	2,00	5,84	0,15	325,1	14,39
CV %		4,03	12,99	19,88	14,50	13,34

<sup>NS</sup> Não significativo até 5%.

\* ; \*\* e \*\*\* Significativos a 5% ; 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 21 - Equações de regressão ajustadas aos dados médios de altura de plantas (APU), rendimento de massa verde (RMV) e massa seca (RMS), e a eficiência do uso da água (EUA), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L) e fixando-se a época de observação (T<sub>2</sub>) com os respectivos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>)

Variáveis (L)	Equações de Regressão Ajustadas	R <sup>2</sup>
APU (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 31,10 + 0,35625^{***} x$	0,9590
APU (L <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 35,45 + 0,38125^{\circ} x - 0,023437^{\circ} x^2$	0,9875
RMV (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 14,32 + 0,31731^{*} x$	0,9561
RMV (L <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 17,20 + 1,7427^{***} x - 0,11241^{***} x^2$	0,9729
RMS (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 1,29 + 0,056062^{*} x$	0,9743
EUA (L <sub>1</sub> )	$\hat{Y} = 25,51 + 0,33456^{*} x$	0,8607
EUA (L <sub>2</sub> )	$\hat{Y} = 25,53 + 1,80072^{**} x - 0,11722^{***} x^2$	0,9916

°, \*, \*\* e \*\*\* Significativos a 10%, 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste t

A Figura 4.7 (a, b, c, d) apresenta a variação dos dados médios observados das características avaliadas (APU) (em cm) e (RMV) (em t.ha<sup>-1</sup>), e os dados estimados obtidos com as respectivas equações de regressão (Tabela 21), em função da variação de doses crescentes de hidratassolo (em dg.kg<sup>-1</sup>), medido nos níveis da lâmina de irrigação, e da época de observação (T<sub>2</sub>).

Com base nos modelos de regressão (Tabela 21), as médias dos dados observados para a altura de plantas (APU), em função de doses de hidratassolo (H) fixando-se a lâmina L<sub>1</sub>, ajustou-se a modelo linear, diferente do que ocorreu para essa variável na primeira época de plantio. No entanto, considerando-se a lâmina L<sub>2</sub> verifica-se que a variação de doses de hidratassolo (H) influenciou significativamente a variação das alturas de plantas conforme modelo quadrático, essa ocorrência na relação funcional entre as variáveis, também foi evidenciada na dispersão dos dados médios observados com as mesmas variáveis, na primeira época de plantio.

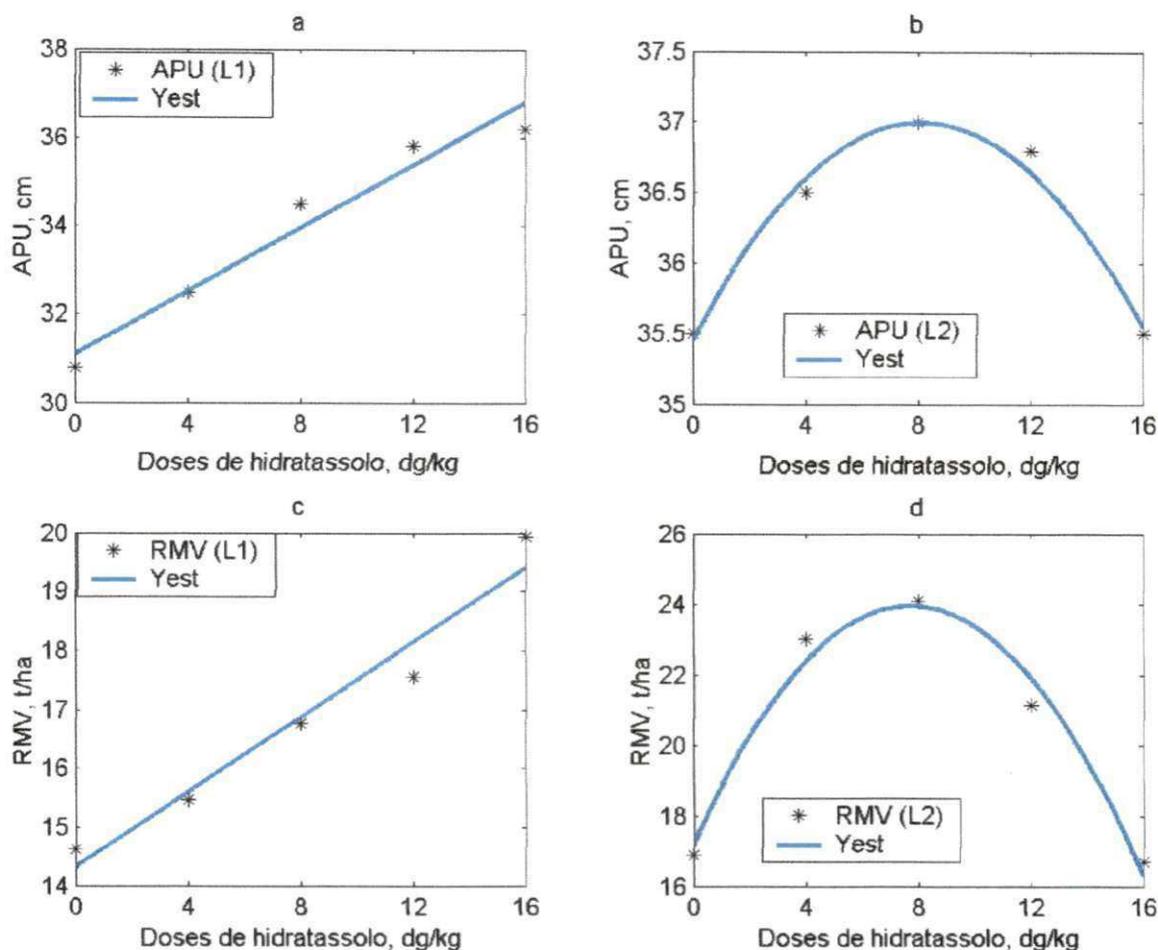


Figura 4.7 - Altura de plantas na parcela útil (APU) e rendimento de massa verde (RMV), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L), e a época de observação (T<sub>2</sub>)

Assim, no primeiro caso, para variável (APU) fixando-se a lâmina L<sub>1</sub>, verifica-se que a estimativa do maior valor de (APU) de 36,80 cm empregando-se a dose máxima (H<sub>4</sub>), quando comparado com a estimativa do menor valor de (APU) de 31,10 cm, com a dose testemunha (H<sub>0</sub>), proporcionou um incremento de 18,32%.

No caso de se fixar a lâmina L<sub>2</sub> para variável (APU), verifica-se pela derivada primeira da equação quadrática a estimativa do valor da dose de hidratassolo de máxima eficiência 8,13 dg. kg<sup>-1</sup>, correspondente à estimativa da altura máxima da planta de 37,00 cm. Também, de posse do modelo quadrático, estimaram-se os respectivos valores de (APU) de 35,55 cm e 35,45 cm, correspondentes às doses (H<sub>4</sub>) e (H<sub>0</sub>). Desta forma, observa-se que o emprego da dose de máxima eficiência proporcionou um incremento de 4,37% na altura de plantas, quando relacionada à (APU) estimada com a dose testemunha. No entanto, vale ressaltar, de modo análogo da primeira época de plantio, que também houve um decréscimo

de 3,92% comparando-se os valores estimados de (APU), obtidos com a maior dose ( $H_4$ ) e a dose de máxima eficiência.

Com relação ao efeito significativo da interação  $H \times L$  na variação da produtividade da cultura, representada pela variável (RMV), observa-se que o comportamento das dosagens de hidratassolo dentro de cada lâmina de irrigação ( $L$ ), através das equações de regressão ajustadas (Tabela 21) que representam significativamente os fenômenos em estudo, foi similar ao ocorrido na altura de plantas, tendo em vista a ocorrência do comportamento linear e quadrático quando se utilizam as respectivas lâminas  $L_1$  e  $L_2$ , na variação da variável (RMV). De modo análogo, no primeiro caso, verifica-se um incremento de 35,47% na comparação do valor máximo estimado para (RMV) de  $19,40 \text{ t. ha}^{-1}$ , com o valor mínimo estimado de (RMV) de  $14,32 \text{ t. ha}^{-1}$  obtidos com as doses ( $H_4$ ) e ( $H_0$ ), respectivamente.

Com relação ao comportamento quadrático na variação da variável (RMV) para lâmina  $L_2$ , pela derivada primeira da equação de regressão (Tabela 21) estimou-se o valor de  $7,75 \text{ dg. kg}^{-1}$  para dose de máxima eficiência, como a dose responsável pelo valor máximo estimado de (RMV) de  $23,96 \text{ t. ha}^{-1}$ . Esse valor máximo proporcionou um incremento de 39,30% em relação ao valor estimado de (RMV) de  $17,20 \text{ t. ha}^{-1}$  com a dose testemunha ( $H_0$ ). Observa-se também que o emprego da dose máxima ( $H_4$ ) proporcionou um decréscimo de 5,17% no valor estimado do rendimento de massa verde de  $16,31 \text{ t. ha}^{-1}$  em relação à testemunha.

A Figura 4.8 (a, b, c) apresenta a variação dos dados médios observados das características avaliadas (EUA) (em  $\text{kg.m}^{-3}$ ) e (RMS) (em  $\text{t.ha}^{-1}$ ), e os dados estimados obtidos com as respectivas equações de regressão (Tabela 21), em função da variação de doses crescentes de hidratassolo (em  $\text{dg.kg}^{-1}$ ), medido nos níveis da lâmina de irrigação, e da época de observação ( $T_2$ ). Verifica-se, nesses diagramas, a ocorrência similar observada com as características avaliadas anteriormente, para o comportamento linear e quadrático em relação às respectivas lâminas de irrigação ( $L_1$ ) e ( $L_2$ ).

Também, de modo análogo às avaliações anteriores, com relação às equações de regressão ajustadas (Tabela 21) para variável (EUA) observa-se a indicação dos respectivos modelos linear e quadrático, obtidos com os dados médios observados para a variável em estudo, quando se fixam as respectivas lâminas de irrigação  $L_1$  e  $L_2$ . Assim, fixando-se a lâmina de irrigação  $L_1$  verifica-se que a eficiência de uso de água aumentou linearmente em função das doses de hidratassolo, alcançando valor máximo estimado de  $30,87 \text{ kg. m}^{-3}$  na dose máxima ( $H_4$ ), que correspondeu a um incremento de 20,96% em relação à testemunha ( $H_0$ ), com valor de (EUA) mínimo estimado de  $25,52 \text{ kg. m}^{-3}$ .

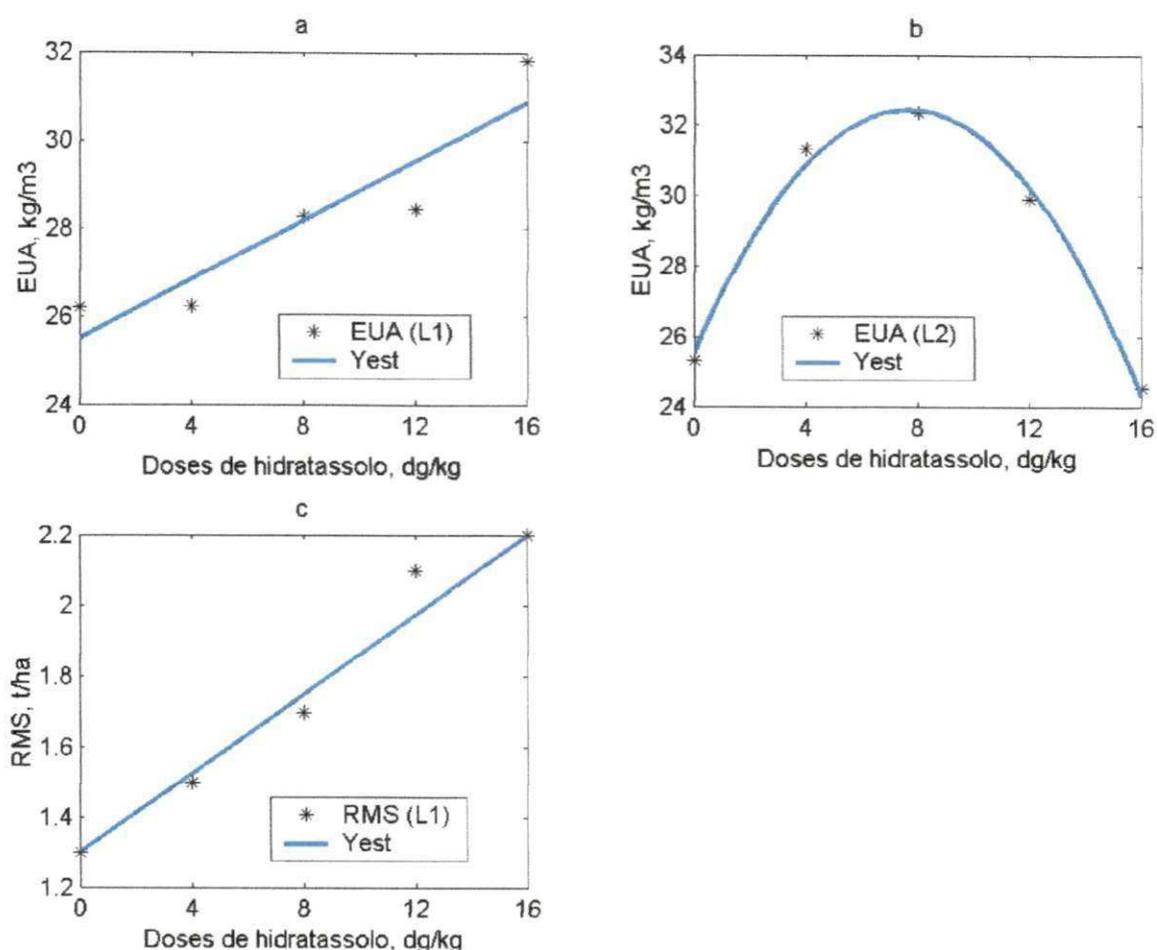


Figura 4.8 – Eficiência do uso da água (EUA) e rendimento de massa seca (RMS), em função de doses de hidratassolo (H), medido nos níveis da lâmina de irrigação (L), e a época de observação (T<sub>2</sub>)

No entanto, no caso da relação quadrática para (EUA), e fixando-se a lâmina de irrigação L<sub>2</sub>, pela derivada primeira da equação estimou-se a dose de máxima eficiência de 7,68 dg. kg<sup>-1</sup> como a dose responsável pelo valor máximo de (EUA) de 32,45 kg. m<sup>-3</sup>, que correspondeu a um incremento de 27,10% em relação à testemunha, com valor estimado de 25,53 kg. m<sup>-3</sup>. O emprego da dose máxima (H<sub>4</sub>) permitiu estimar o menor valor de (EUA) de 24,34 kg. m<sup>-3</sup>, que correspondeu a um decremento de 4,66% em relação à testemunha, o que também deve ser explicado pelo efeito do polímero hidroabsorvente na redução dos poros médios do solo devido a sua expansão em solo arenoso, conforme constatação de Al-Darby (1996).

Com relação à última variável resposta avaliada nessa etapa, mais uma vez observou-se que o efeito dos tratamentos sob a variação no rendimento de massa seca (RMS) foi similar

ao ocorrido para variável (RMV), tanto para a lâmina  $L_1$  com resposta linear como para lâmina  $L_2$ , com tendência quadrática observada através da dispersão dos dados médios observados. No caso da fixação da lâmina  $L_1$ , os resultados indicaram que a (RMS) aumentou linearmente com os incrementos das doses de hidratassolo. O emprego da dose máxima ( $H_4$ ) permitiu estimar o valor máximo de (RMS) de  $2,19 \text{ t. ha}^{-1}$ , que correspondeu a um incremento de 69,05% em relação à testemunha, com valor estimado de  $1,30 \text{ t. ha}^{-1}$ .

No caso da avaliação da resposta da variável (RMS) fixando-se a lâmina  $L_2$ , não houve significância do coeficiente de regressão do termo de maior grau. Assim, neste caso não foi possível ajustar um modelo que representasse o fenômeno em estudo. No entanto, o diagrama de dispersão dos dados médios observados (Figura 1D) (b) demonstrou uma tendência de variação quadrática, sob a influência dos tratamentos. Desta forma, verificou-se que o maior valor médio observado de  $2,80 \text{ t. ha}^{-1}$  na dose ( $H_2$ ) ( $8 \text{ dg. kg}^{-1}$ ), que correspondeu a um incremento de 47,36% em relação a testemunha, com valor médio observado de  $1,90 \text{ t. ha}^{-1}$ . Também, observou-se que o emprego da dose máxima ( $H_4$ ), com valor médio observado de  $1,80 \text{ t. ha}^{-1}$ , proporcionou um decréscimo de 5,26% em relação à testemunha.

Assim, de modo geral, com base no comportamento similar na resposta das variáveis estudadas considera-se que há evidências de que as variações na elevação das características vegetativas da cultura variam linearmente com a elevação de doses de hidratassolo quando se fixa a lâmina  $L_1$ , e uma variação quadrática quando se utiliza a lâmina  $L_2$ , com os pontos de máximos da função sempre menores do que os valores nas abscissas referentes às doses máximas ( $H_4$ ). Da mesma forma, essa observação também deve reforçar as evidências mais significativas no efeito do polímero hidratassolo nas propriedades físicas e hidráulicas do solo, quando se combinam a maior dose ( $H_4$ ) ( $16 \text{ dg. kg}^{-1}$ ) com a maior lâmina de irrigação ( $L_2$ ) (1,20 ETo), na resposta da cultura.

## CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Com os resultados, obtidos na pesquisa realizada na cultura da salsa (ambiente protegido) e na cultura do coentro irrigado na área experimental, construída no Campus do DTR-UFRPE, para o período em que o estudo foi realizado permitiram as seguintes conclusões:

1. Os níveis de hidratassolo afetaram isoladamente as características vegetativas estudadas na cultura da salsa, nas duas épocas de colheita. Para as características avaliadas altura de plantas e rendimento de massa seca houve influência da interação doses de hidratassolo com as épocas de observações.
2. A altura das plantas de salsa foi reduzida com doses acima de  $11,50 \text{ dg. kg}^{-1}$  na primeira época de observação e, também, com a dose de  $11,19 \text{ dg. kg}^{-1}$  na segunda época de observação.
3. Na segunda época de observação, doses de hidratassolo acima de  $12,13 \text{ dg. kg}^{-1}$  e  $11,97 \text{ dg. kg}^{-1}$  proporcionaram queda na produtividade da cultura da salsa.
4. As características vegetativas do coentro estudadas, exceto o número de plantas por parcela, avaliadas ao longo do tempo foram afetadas pela interação entre os fatores estudados. Enquanto, por outro lado, todas as variáveis estudadas sofreram o efeito dos tratamentos ao longo do tempo, exceto para o rendimento de massa verde.
5. Para as duas épocas de plantio do coentro, as características estudadas aumentaram linearmente com a elevação das doses de hidratassolo quando se fixou a menor lâmina, exceto na primeira época para altura de plantas. Por outro lado, para a aplicação da maior lâmina, as características avaliadas e afetadas pela interação, altura de plantas, rendimento de massa verde, e a eficiência do uso da água se ajustaram à modelo quadrático.
6. Considerando-se os valores máximos, obtidos nas duas épocas de plantio do coentro, a estimativa da maior altura das plantas ocorreu com o emprego da dose de máxima eficiência  $8,13 \text{ dg. kg}^{-1}$  e do uso da maior lâmina na segunda época. Por outro lado, a

estimativa da menor altura correspondeu à dose  $11,00 \text{ dg. kg}^{-1}$  fixando-se a menor lâmina na primeira época. Para a eficiência do uso da água o maior valor estimado de  $32,45 \text{ kg. m}^{-3}$  correspondeu à dose  $7,68 \text{ dg. kg}^{-1}$  com a maior lâmina na segunda época e, também, a menor eficiência do uso de água estimada  $23,68 \text{ kg.m}^{-3}$  ocorreu com a maior dose estudada combinada com a menor lâmina, na primeira época. A maior produtividade de massa verde  $24,00 \text{ t.ha}^{-1}$  está relacionada à dose  $7,75 \text{ dg.kg}^{-1}$  e a maior lâmina na segunda época, enquanto, por outro lado, a menor  $19,40 \text{ t. ha}^{-1}$  ocorreu na dose de  $8,00 \text{ dg. kg}^{-1}$  combinada com a menor lâmina, na mesma época.

7. Os níveis de hidratassolo e lâminas afetaram ao longo do tempo as variáveis relacionadas com o consumo de água da cultura do coentro, isto é, volume de água consumido na primeira e segunda época, bem como o volume de água consumido nas primeiras observações da segunda época de plantio, quando se utilizou a lâmina constante de  $10,64 \text{ mm. dia}^{-1}$  ( $15 \text{ litros. dia}^{-1}$ ), mostrando o efeito isolado do tratamento doses de hidratassolo ao longo do tempo.
8. Nas duas épocas de plantio do coentro, os valores observados da evapotranspiração máxima da cultura ocorreram no tratamento  $\text{H}_2\text{L}_2\text{BH}_2$  (do  $30^\circ$  ao  $37^\circ$  dia após a primeira época plantio), atingindo o valor máximo de  $5,24 \text{ mm. dia}^{-1}$ , e o valor mínimo observado de  $2,51 \text{ mm. dia}^{-1}$ , para o tratamento  $\text{H}_0\text{L}_1\text{BH}_4$  (do  $28^\circ$  ao  $35^\circ$  dia após a segunda época de plantio).
9. Nas duas épocas de plantio do coentro, os valores observados do coeficiente da cultura ocorreram no tratamento  $\text{H}_2\text{L}_2\text{BH}_6$  (do  $44^\circ$  ao  $51^\circ$  dia após a segunda época de plantio), atingindo o valor máximo de  $1,54$  e o valor mínimo observado de  $0,80$  para o tratamento  $\text{H}_0\text{L}_1\text{BH}_3$  (do  $38^\circ$  ao  $45^\circ$  dia após a primeira época de plantio).
10. Para o início da segunda época de plantio do coentro, com aplicação de lâmina constante de  $10,64 \text{ mm. dia}^{-1}$ , os respectivos valores máximos observados da evapotranspiração máxima e do coeficiente da cultura de  $5,15 \text{ mm. dia}^{-1}$  e  $1,51$  ocorreram no tratamento  $\text{H}_4\text{BH}_3$  (do  $20^\circ$  ao  $27^\circ$  dia após plantio), e os respectivos valores mínimos de  $3,56 \text{ mm. dia}^{-1}$  e  $1,26$  corresponderam ao tratamento  $\text{H}_0\text{BH}_1$  (do  $4^\circ$  ao  $11^\circ$  dia após plantio).

## CAPÍTULO 6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUKHALED, A., ALFARO, A., SMITH, M. **Lysimeters**. Rome. FAO. 1982. 68p. (Irrigation e Drainage, paper: 39).

AL-DARBY, A.M. The hydraulic properties of a sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. **Soil Technology**, v.9, 1996. p. 15-28.

AL-HARBI, A.R. Efficacy of a hydrophilic polymer declines with time in greenhouse experiments. **HortScience**, v.34, n.2, 1999. p. 223-224.

ALVAREZ V., V.H.; ALVAREZ, G.A.M. Apresentação de equações de regressão e suas interpretações. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.28-32, 2003.

AMORIM, J. R. A., FERNANDES, P. D., GHEYI, H.R., AZEVEDO, N.C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, DF, 2002, v. 37, n. 2, p. 167-176.

AUDRY, P., SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão nordestino**. Recife: CNPq, 1995. 128p.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BAASIRI, M.; RYAN, J.; MUCKEIH, M; HARIH, S. N. Soil application of a hydrophilic conditioner in relation to moisture, irrigation frequency and crop growth. **Soil Science**, 1986, 17:573-589.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6.ed. Viçosa, UFV: Imp. Univ., 1995. 657 p.

BJORNEBERG, D. L., AASE, J. K. Multiple polyacrylamide applications for controlling sprinkler irrigation runoff and erosion. **Applied Engineering in Agriculture**. ASAE. 2000, v.16, n.5, p. 501-504.

BORELLA, J. E. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na produção do feijão (*phaseolus vulgaris L.*) e na salinização do solo**. Piracicaba: ESALQ. 1986. 82 p, Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 1986.

BOUWER, H., IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **J. Irrig. Drain. Div**, v. 113, n. 4, p. 516-535, 1987.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional da Irrigação. Departamento de Meteorologia. **Normas Climatológicas 1961-1990**. Brasília-DF: EMBRAPA, 1992. 84p.

BRESLER, E., Mc NEAL, B. L., CARTER, D. L. **Saline and sodic soils**. Berlin: W. Germany, 1982. 236 p.

BRUXEL, D., SILVA, F. C., LIMA, L. M. L., LUZ, J. M. Q., CARVALHO, J. O. M. Efeito de lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente sobre a produção de mudas de tomateiro grupo agroindustrial (2). **Horticultura Brasileira**. 2002, v. 20, n. 2, Suplemento 2.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas. 1962. v. 21, p. 63-213.

CANTARELLA, H., ANDRADE, J.C. O sistema internacional de unidades e a ciência do solo. **Boletim Informativo**, 1992, v. 17, n. 3, p. 91-102.

CHOROM, M., RENGASAMY, P. Carbonate chemistry, pH, and physical properties of on alkaline sodic soil affected by various amendments. **Aust. J. Soil Res.** 1997. v. 35, n. 1, p. 149-161.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 1980. 333p.

DAKER, A. **A Água na Agricultura**. 6.ed. Rio de Janeiro: Freitas Basto, 1984, v.3.

DANNEELS, P.; VAN COTTHEM, W. The effect of a soil conditioning mixture on plant growth. **Belgian Journal of Botany**, v.127, n.1, 1994. p. 17-25.

DILLA, A. S., COX, L. M. An economical hydraulic weighing evapotranspiration tank. **Transaction of the ASAE**, 1973.v. 16, n. 2, p. 294-295, 301.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H., **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: 1997. 212 p. IL. (EMBRAPA – CNPS. Documentos, 1).

FARIA, M. A. de et al. Simpósio: Manejo de irrigação. In: SILVA, W. L. C. e MAROUELLI, W. A. **Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos**. Poços de Caldas, MG, 1998, cap. 5, p. 311-348.

FARIA, M. A. de et al. Simpósio: Manejo de irrigação. In: BERNARDO, S. **Irrigação e produtividade**. Poços de Caldas, MG, 1998, cap. 1, p. 117-132.

FARIA, M. A. de et al. Simpósio: Manejo de irrigação. In: SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; LEAL B. G. **Relações clima-água-plantas**. Poços de Caldas, MG, 1998, cap.1, p.46-85.

FARIA, M. A. de et al. Simpósio: Manejo de irrigação. In: FRIZZONE, J. A. **Função de produção**. Poços de Caldas, MG, 1998, cap. 1, p. 86-116.

FERREIRA, P.A. **Qualidade de água e manejo água-plantas em solos salinos**. Brasília, DF: ABEAS, Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 141 p. (ABEAS. Curso de engenharia e manejo de irrigação. Módulo, 10).

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3 ed, Maceió – AL: EDUFAL, 2000, 422 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Manual de Olericultura: **Cultura e comercialização de hortaliças**, 2 ed. revis. e amp. – São Paulo, v. 2, Ed. Agronômica Ceres, 1982, 357 p.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo Manual de Olericultura: **Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**, Editora UFV-Universidade Federal de Viçosa-MG, 2000, 402 p.

FILGUEIRA, R.F. **Efeito de diferentes níveis de salinidade do solo no comportamento de duas cultivares de coentro (*Coriandrum Sativum* L.)**. Mossoró: ESAM, 1993. 46p. (Monografia de Especialização).

FLORES LUÍ, L.F., SALDÍVAR, R.H.U. **Memorias del taller sobre lisimetria estudios de evapotranspiracion**. Gómez Palacio: Dgo. Mexico 1986. 420p.

FREITAS AZEVEDO, T.L. de; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.1, n.1, 2002. p.23-31.

GOES, E. S. Os problemas da salinidade e drenagem em projetos de irrigação do Nordeste e a ação da Pesquisa em vista ao seu equacionamento. In: **REUNIÃO SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS IRRIGADAS**, 1, Fortaleza, 1978. Anais... Fortaleza, SUDENE/DNOCS, 1978. p. 4-24.

GOLDWASSER, Y., KLEIFELD, Y. Tolerance of parsley varieties to Orobanche. **Crop Protection**. 2002, v. 21, p. 1101-1107.

HAAG, H. P. ; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. 2ª ed., Campinas: Fundação Cargil, 1998. p. 28-29.

HARROLD, L. L. Measuring evapotranspiration by lysimetry. In: **Symposium on evapotranspiration and its role in water resources management**. Chicago: ASAE, 1966, p. 28-33.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Hort. Science**, 21(4). 1986, p. 991-992.

HILLEL, D. **Solo e água – fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

IRURTIA, C.B., PEINEMENN, N. Efecto de la relación de absorción de sodio y la concentración de sales sobre as conductividad hidráulica de diferentes suelos. **Ciencia del Suelo**. 1986, v.2, n.1, p.165-177.

JURINAK, J. J. The chemistry of salt-affected soils and waters. In: TANJI, K. K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE. 1990. Cap. 3, p. 42-63.

KANG, S., GU, B., DU, T., ZHANG, J. Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. **Agric. Water Manage.** 2003, v. 59, n. 3, p. 239-254.

KRAUSE, G.; RODRIGUES, A. F. **Recursos hídricos do Brasil**. MMA – SRH. Brasília, 1998. 33p.

LAL, R., STEWART, B.A. **Soil processes and water quality**. Boca Raton: Florida: Lewis Publishers, 1994. 398p.

LARAQUE, A. **Estudo e previsão da qualidade química da água dos açudes do Nordeste**. Recife, SUDENE – DPG – PRN – GT.HME, 1989. 97p. (SUDENE. Hidrologia, 26, Convênio SUDENE – ORSTOM).

LAUCHLI, A., EPSTEIN, E. Plant response to saline and sodic conditions. In: TANJI, K. K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap. 6, p. 113-137.

LENTZ, R. D., SOJKA, R. E., ROBBINS, C. W. Reducing phosphorus losses from surface-irrigated fields: Emerging PAM technology. **Journal of Environmental Quality**. ASA. 1998, v. 27, n. 2, p .305-312.

LEPRUN, J.C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**: relatório de fim do convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1983. p.91-141.

LIMA, V.L.A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 87p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. p.262-304.

MAAS, E.V., HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance – current assessment. **J. Irrig. Drain. Eng.**, v.103, n.2, p.115-134, 1977.

MAKISHIMA, N. Aspectos gerais da cultura da salsa. **Informe agropecuário**: umbelíferas, Belo Horizonte, ano 10, n.120, 1984. p.78-80.

MARCONATO, J.C., FRANCHETTI, S.M.M. Polímeros superabsorventes e as fraldas descartáveis: um material alternativo para o ensino de polímeros. **Química Nova na Escola**. 15 ed, 2002. p. 42-44.

MARQUELLI, W. A., SILVA, W. L. C., SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. CNPH, EMBRAPA – Brasília. DF, 1996, 5 ed. 72 p.

MARQUES, F.C.; LORENCETTI, B.L. Avaliação de três cultivares de coentro (*Coriandrum Sativum* L.) semeadas em duas épocas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.5, n.2, 1999. p. 265-270.

MARTIN, E.C., LOUDON, T.L., RITCHIE, J.T., WERNER, A. Use of drainage lysimeters to evaluate nitrogen and irrigation management strategies to minimize nitrate leaching in maize production. **Trans. of the ASAE**, 1994. v. 37, n. 1, p. 79-83.

MEDEIROS, J.F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT”, nos Estados do RN, PB e CE**. Campina Grande:

UFPB, 1992. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba-PB.

MEDEIROS, J.F.; GHEYI, H.R.; SILVA JÚNIOR, L.G.A. Efeito da salinidade da água de irrigação no desenvolvimento e produção do coentro (*Coriandrum Sativum* L.). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 22, Ilhéus, 1993. **Anais**. Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993b. v.5, p.3141-3153.

MEDEIROS, J.F.; MEDEIROS, D.S.; PORTO FILHO, F.Q.; NOGUEIRA, I.C.C. Efeitos da qualidade e quantidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 1998. v.2, p.22-26.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Queiroz Editor LTDA, 1995, 131 p.

MOLLE, F., CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE – DPG – PRN – DPP – APR, 1992. 521p.

MORDY, A. A. A. Effect of nickel addition on the yield and quality of parsley leaves. **Scientia Horticulturae**, 1999, v. 82, p. 9-24.

MOURA, R.F. **Efeitos das lâminas de lixiviação de recuperação do solo e da salinidade da água de irrigação sobre os componentes de produção e coeficiente de cultivo da beterraba**. Viçosa, UFV. 2000. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

NASCIMENTO, W.M. Temperatura x germinação. **Seednews**, v.4, n.4, 2000. p.44-45.

OLIVEIRA, A.P.; SILVA, V.R.F.; SANTOS, C.S.; ARAÚJO, J.S.; NASCIMENTO, J.T. Produção de coentro cultivado com esterco bovino e adubação mineral. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n.3, 2002. p.477-479.

- OLIVEIRA, A.P.; SOBRINHO, S.P.; BARBOSA, J.K.A.; RAMALHO, C.I.; OLIVEIRA, A.L.P. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, 2003. p.81-83.
- OLIVEIRA, R.A. de; REZENDE, L.S.; MARTINEZ, M.A.; MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v. 8, n.1, 2004. p.160-163.
- PEDROSA, J. F.; NEGREIROS, M. Z. de; NOGUEIRA, I. C. C. Aspectos gerais da cultura do coentro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 120, 1984. p. 75-80.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A. O parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração de referência na escala mensal. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 1997, v. 5, p. 83-87.
- PEREIRA, R.S.; MUNIZ, M.F.B.; NASCIMENTO, W.M. Aspectos relacionados à qualidade de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, 2005. p.703-706.
- PESCOD, M.B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 47).
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. 2. ed. Madrid: Agricola Espanola, 1985. 521p.
- PREVEDELLO, C. L., BALENA, S. P. Efeito de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Bras. de Ciência do Solo**. Viçosa, 2000, v. 24, p. 251-258.
- RASSINI, J. B. Manejo da água na irrigação da alfafa num Latossolo-Vermelho-Amarelo. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, 2002, v. 37, n. 4, p. 503-507.
- REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2. ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 1996, 505p.

REZENDE, L. S. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos.** Viçosa, UFV. 2000. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

RHOADES, J.D. Overview: Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management.** New York: ASCE, 1990. Cap.2, p.18-41.

RHOADES, J.D., KANDIAH, A., MASHALI, A.M. **The use of saline waters for crop production.** Rome: FAO, 1992.133p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 48).

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington D.C.: US Department of agriculture, 1954. 160p.

RIGAS, F.; SACHINI, E.; CHATZOULDIS, G.; KANELLOPOULOS, N. Effects of a polymeric soil conditioner on the early growth of sunflowers. **Canadian Journal Soil Science**, v.79, 1999. p. 225-231.

ROBBINS, C. W. Field and laboratory and measurements. In: TANJI, K. K. **Agricultural salinity assessment and management.** New York: ASCE, 1990. Cap. 10, p. 201-219.

SAEG – Sistema para análises estatísticas, versão 9.0. Viçosa-MG: Fundação Arthur Bernardes, 2005.

SAXTON, K. E., CORDERY, I. Evapotranspiration research priorities for hydrology in the next decade. **Transaction of the ASAE**, 1988, v. 31, n. 2, p. 485-489.

SAYED, H., KIRKWOOD, R. C., GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**. 1991, v. 42, n. 240, p. 891-899.

SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos.** Brasília: ABEAS, 1987. 143 p. (módulo 4).

SHIH, C. C. C., HO, S. S., KUO, S. F. Estimation of crop coefficients for corn, sorghum, and soybean in Taiwan under subtropical conditions. **International Agricultural Engineering Journal**. 1997, v. 6, n. 2, p. 95-108.

SILBERBUSH, M., ADAR, E., DE MALACH, Y. Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. I. Corn irrigated by trickling. **Agricultural Water Management**. 1993, 23, p. 303-313.

SILBERBUSH, M., ADAR, E., DE MALACH, Y. Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. II. Cabbage irrigated by sprinkling with different water salinities. **Agricultural Water Management**. 1993, 23, p. 315-327.

SLAVICH, P.G, PETERSON, G.H. Estimating a electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture. **Australian J. Soil Res**. 1993 , v.31, n.1, p.73-81.

SOARES, F. A. L., GHEYI, H. R., VIANA, S. B. A., UYED, C. A., FERNANDES, P.D. Water salinity and initial development of yellow passion fruit. **Sci. Agric**. Piracicaba, SP, 2002, v. 59, n. 3, p. 491-497.

SOJKA, R. E., e LENTZ, R. D. A brief history of PAM and PAM-related issues. In: **Proceedings: Managing irrigation-induced erosion and infiltration with polyacrylamide**. College of Southern Idaho, Twin Falls. 1996.ID 6-8.

SOUZA, A.F. **Coentro** (*Coriandrum Sativum* L.). Brasília: EMBRAPA-CNP Hortaliças, 1981. 5p.

STONE, L. F. et al. Desempenho do modelo computacional SISDA 2.0 no manejo da irrigação do feijoeiro em condições de plantio direto e preparo convencional do solo. **Eng. Agrícola**. Jaboticabal. 2002, v. 22, n. 3, p. 304-311.

TANJI, K.K. Nature and extend of agricultural salinity. In: TANJI, K.K. **Agricultural salinity assessment and management**. New York: ASCE, 1990. Cap.1. p.67-84.

TAYLOR, K.C. e HALFACRE, R.G.,. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. **Hort Sci.** 1986, 21:1159-1161.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. **Boletim Técnico**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, n.5, 2 ed. rev. ampl. 1995. 174 p.

TITTONELL, P. A., DE GRAZIA, J., CHIESA, A. Adición de polímeros superabsorbentes en el médio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. **Horticultura Brasileira**. Brasília, 2002, v. 20, n. 4, p. 641-645.

VILLA, S. T. **Efeito da irrigação com água salina e da lâmina de lixiviação na salinização do solo e na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*)**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 94 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 1989.

VLACH, T. R. **Creeping bentgrass responses to water absorbing polymers in simulated golf greens**. Wisconsin, 1991, available from: <http://kimberly.ars.usda.gov>

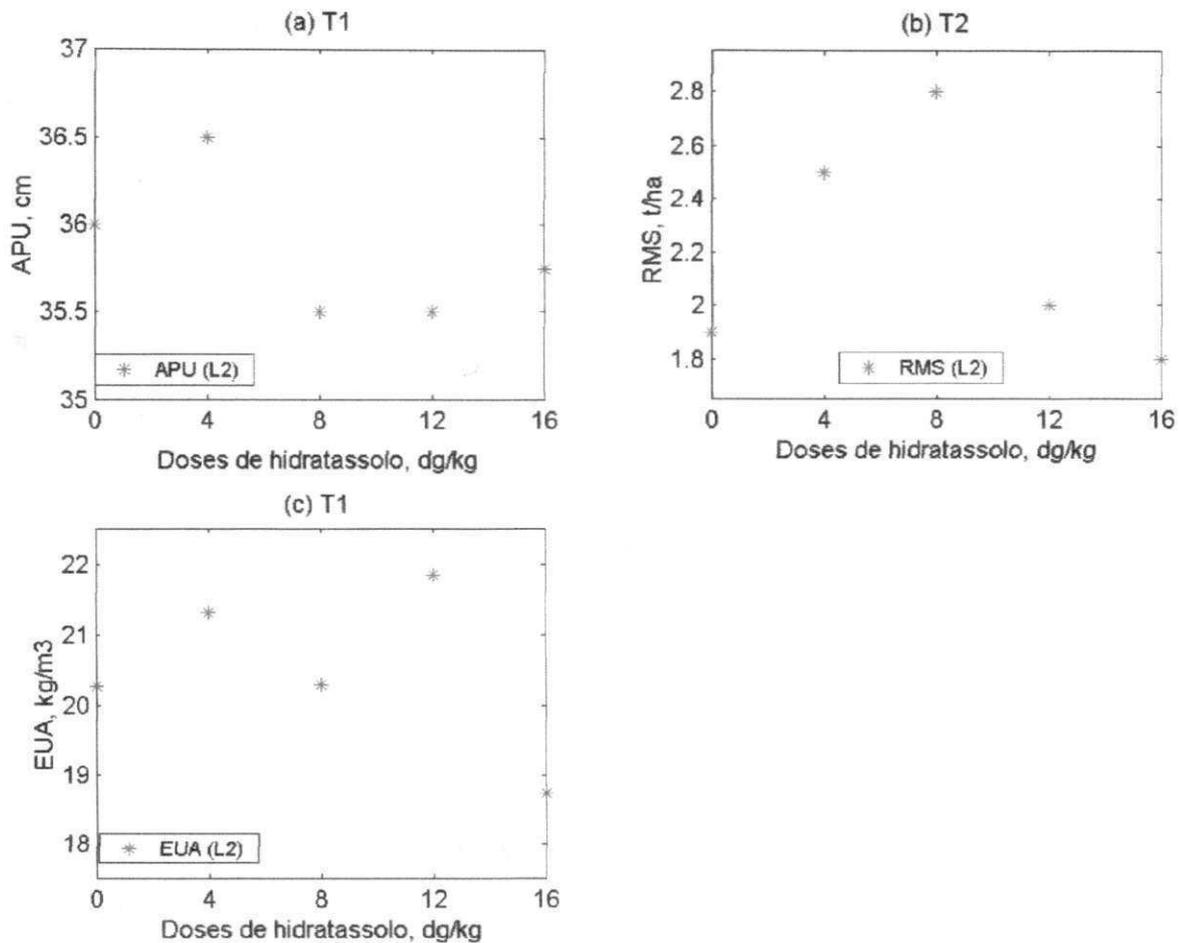
WALLACE, A. Anionic polyacrylamide treatment of soil improves seedling emergence and growth. **Hort. Sci.** 1987, 22: 951.

WALLACE, A., WALLACE, G. A., ABOUZAMZAM, A. M. Amelloration of soil sodic with polymers. **Soil Science**, Baltimore, 1986, v. 144, n.5, p. 359-362.

WOODHOUSE, J., JOHNSON, M. S. Effect of superabsorbent polymers on survival and growth of crop seedlings. **Agric. Water Manage.**, 1991, 20, p. 63-70.

YADAV, B., RAO, N. H., PALIWAL, K. V., SARMA, P. B. S. Comparison of different methods for measuring soil salinity under field conditions. **Soil Science**, 1979. v. 127, n. 6, p. 335-339.

## APÊNDICE

**APÊNDICE D: Diagramas de Dispersão**

**Figura 1D** - Diagramas de dispersão para altura de plantas (APU) na época (T<sub>1</sub>), rendimento de massa seca RMS na época (T<sub>2</sub>), e a eficiência do uso da água (EUA) na época (T<sub>1</sub>) em função de doses de hidratassolo (H) fixando-se a lâmina (L<sub>2</sub>)